

TAMAÑO POBLACIONAL DEL LAGARTO *MICROLOPHUS QUADRIVITTATUS* (TSCHUDI, 1845) (REPTILIA: SQUAMATA: TROPIDURIDAE) EN LA COSTA DE IQUIQUE, CHILE: DIFERENCIAS ONTOGENÉTICAS, TEMPORALES Y AMBIENTALES

Jorge E. Mella Ávila¹

¹CEDREM, Consultoría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Padre Mariano 82, of. 1003, Santiago, Chile.

Correspondencia a: jorge.mella@cedrem.cl; jorgeemellaavila@vtr.net

RESUMEN

Se aportan antecedentes sobre tamaños poblacionales de *Microlophus quadrivittatus* en la costa de Iquique, Chile, en cinco localidades con distinta disponibilidad de microhábitats, con muestreos mensuales entre julio de 2008 a diciembre de 2011. Se observan grandes oscilaciones numéricas (sin cambios interanuales y con alta variación en cada muestreo) para el total de las poblaciones, así como para cada grupo etario (juveniles, subadultos, adultos). Considerando las proporciones etarias, existen variaciones estacionales, con los juveniles dominando la población en invierno para disminuir en primavera, a la inversa de los adultos. Dependiendo de la disponibilidad de microhábitats, existen diferencias poblacionales: mientras los adultos dominan en sectores rocosos, los juveniles son más abundantes en playas arenosas. Se destaca la importancia de estudios poblacionales de reptiles a mediano plazo, así como su aplicación en estudios ambientales y de manejo de fauna.

Palabras claves: Reptiles; Tamaño poblacional; Ontogenia, Iquique, Región de Tarapacá.

ABSTRACT

Population size in *Microlophus quadrivittatus* (Tschudi 1845) (Reptilia: Squamata: Tropiduridae) in the coast of Iquique, Chile: ontogenetic, temporary, and environmental, differences. Population numbers of *Microlophus quadrivittatus* are provided on the coast of Iquique, Chile, in five sectors with different availability of microhabitats, with monthly sampling between July 2008 and December 2011. There are large numerical oscillations (without interannual changes and with high variation in each sample) for the total populations, as well as for each age group (juveniles, subadults, adults). Considering the age proportions, there are seasonal variations, with juveniles dominating the population in winter to decrease in spring, in the opposite of adults. Population differences exist depending on the availability of microhabitats: while adults dominate in rocky sectors, juveniles are more abundant on sandy beaches. The importance of medium-term demographic studies of reptiles is highlighted, as well as their application in environmental studies and wildlife management.

Key words: Reptiles; Population number; ontogeny, Iquique, Region of Tarapacá.

INTRODUCCIÓN

El género *Microlophus* (que incluye 23 especies de lagartos) se distribuye al oeste de la cordillera de los Andes, en la costa del pacífico (incluidas muchas islas) y se divide en dos grupos: el grupo *occipitalis* (al norte del Perú y en Ecuador, incluyendo las Galápagos), y el grupo *peruvianus* (desde el centro-sur de Perú hasta el norte de Chile (Dixon y Wright 1975, Frost y Etheridge 1989, Frost 1992). Dentro del grupo *peruvianus* se ha propuesto la existencia de dos linajes: uno que habita en el desierto interior (quebradas, oasis), que se alimenta de insectos y plantas terrestres, y el otro presente en los sectores rocosos del intermareal costero, y que se alimenta preferentemente de algas y crustáceos (Ortiz y Serey 1979).

En Chile se han realizado varios estudios en *Microlophus*, la mayoría sobre las especies litorales, restringiéndose a revisiones taxonómicas (Ortiz 1980a); estudios morfológicos (Ortiz 1980b, Northland *et al.* 1987, Vidal y Ortiz 2004, Ibáñez *et al.* 2015), fisiológicos (Báez y Cortés 1990, Sepúlveda *et al.* 2008), genéticos (Northland *et al.* 1987, Victoriano *et al.* 2003) y ecológicos (Rodríguez y Gómez 1983, Vidal *et al.* 2002, Fariña *et al.* 2008), además de notas puntuales sobre alimentación (Segura 2014, Reyes y Mella 2017). Sin embargo, se desconocen antecedentes poblacionales temporales para ninguna de estas especies (ni para ninguna especie de reptil en Chile), los cuales debieran ser considerados como antecedentes básicos en la conservación y/o manejo de fauna silvestre (Gadsden 2006).

Microlophus quadrivittatus (Tschudi, 1845) es una de las cinco especies de lagartos corredores reconocidas para el género *Microlophus* en Chile (Ruiz de Gamboa 2016, Vidal *et al.* 2017), y junto con *M. atacamensis* (Donoso Barros 1966), son las únicas especies de lagartos corredores exclusivos de ambientes costeros, ya que las otras tres especies se encuentran también en ambientes de interior, como quebradas y desierto interior (Donoso-Barros 1966, Ortiz 1980a, b, Demangel 2016, Mella 2017). *M. quadrivittatus* se distribuye en el norte de Chile, entre Arica y la desembocadura del río Loa, entre el nivel del mar a 100 msnm (Donoso-Barros 1966, Ortiz 1980a; Demangel 2016, Mella 2017). Sobre esta especie, se dispone de antecedentes generales sobre su historia natural, como su comportamiento territorial, habitante de roqueríos y playas de la costa, con segregación espacial entre adultos y juveniles, y simpátrica en toda su distribución con el gecko *Phyllodactylus gerrhopygus* (Donoso-Barros 1966, Ortiz 1980a, b, Báez y Cortés 1990, Vidal y Ortiz 2004). No obstante, se carece de estudios poblacionales y de los factores asociados a eventuales cambios demográficos.

En vista de la carencia de antecedentes poblacionales para esta especie, el objetivo de este estudio es analizar: a) los tamaños poblacionales de *M. quadrivittatus* en la costa de Iquique y b) cómo cambian éstos en función de diferencias ontogenéticas, temporales y ambientales. Específicamente, las diferencias temporales fueron divididas en: anuales, estacionales, y en casos particulares como: entre eventos La Niña/El Niño, entre bajas y altas mareas, y entre distintos periodos del día (mañana/tarde). Las diferencias ambientales se asocian a localidades con distintos tipos de microhábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y disponibilidad de microhábitats

El estudio se realizó en la costa de Iquique, en la Región de Tarapacá al norte de Chile, con muestreos mensuales sistemáticos entre julio de 2008 a diciembre de 2011. Se seleccionaron cinco localidades costeras (cercanas entre sí), con distinta longitud recorrida (Figura 1): a) Cádiz (20°48'00" S, 70°11'22" O, longitud recorrida: 380 m); b) Patache (20°48'33" S, 70°12'18" O, longitud: 463 m); c) Playa La Sal (20°48'55" S, 70°11'50" O, longitud: 301 m); d) Chauca 1 (20°49'25" S, 70°11'08" O, longitud: 360 m) y e) Chauca 2 (20°49'54" S, 70°10'45" O, longitud: 995 m). La distancia entre las localidades varió entre 50 m como mínimo (entre Chauca 1 y Chauca 2) hasta 1.500 m como máximo (entre Cádiz y Patache). Dependiendo del objetivo específico, así como de restricciones logísticas, los muestreos no fueron continuos y por lo tanto las localidades fueron muestreadas con distinta frecuencia, siendo Cádiz y Patache las que tuvieron mayor esfuerzo de muestreo (26 muestreos), en las que se evaluó las diferencias ontogenéticas y temporales de los tamaños poblacionales. Para la comparación de las diferencias ambientales (disponibilidad de microhábitats), se agregaron las localidades de Playa La Sal (n = 20), Playa Chauca 2 (n = 7) y Playa Chauca 1 (n = 5). En cada localidad, y para diferenciar los distintos ambientes, se cuantificó la disponibilidad de los microhábitats en base a los metros totales cubiertos (en un

recorrido paralelo a la costa, con las longitudes detalladas arriba), en tres categorías de microhábitat: rocas, bolones y arena (en el sector no hay ningún tipo de vegetación). Se definen los bolones como piedras pequeñas a medianas (hasta 40 cm de diámetro máximo), relativamente redondeadas, a diferencia de las rocas que se definen como mayores a 40 cm de diámetro y sin bordes redondeados. Sobre la base del cociente entre los metros cubiertos por cada microhábitat y los metros totales, se calculó el porcentaje de cobertura relativa disponible, para cada localidad.

Tamaños poblacionales

Como muestreo preliminar, y para determinar la distancia a la línea de marea con mayor presencia de ejemplares, en la primera campaña (julio 2008), y en las localidades de Caleta Cáñamo y Punta Patache, se evaluó la presencia de ejemplares de *Microlophus quadrivittatus*, en quince transectos (de 30 m cada uno, a más de 50 m de distancia entre sí) perpendiculares a la costa, con un total de 450 m. Así, la abundancia de ejemplares contabilizados a distinta distancia de la costa permitió definir donde concentrar el muestreo posterior, en los transectos paralelos a la costa.

A partir de la campaña de julio 2008, se realizó un muestreo mensual, en recorridos paralelos a la franja costera (cubriendo los primeros 10 m a partir de la línea de marea, de acuerdo a los resultados del muestreo preliminar detallado arriba; Figura 1). Los muestreos se realizaron entre las 9:00 h y las 17:00 h (ya que este es un reptil diurno: no se observaron ejemplares antes de las 9:00 h, y se registraron pocos individuos después de las 17:00 h), con un transecto mensual por cada localidad. En los transectos se registró cada ejemplar de *M. quadrivittatus* observado, detallando: (1) el número de ejemplares por

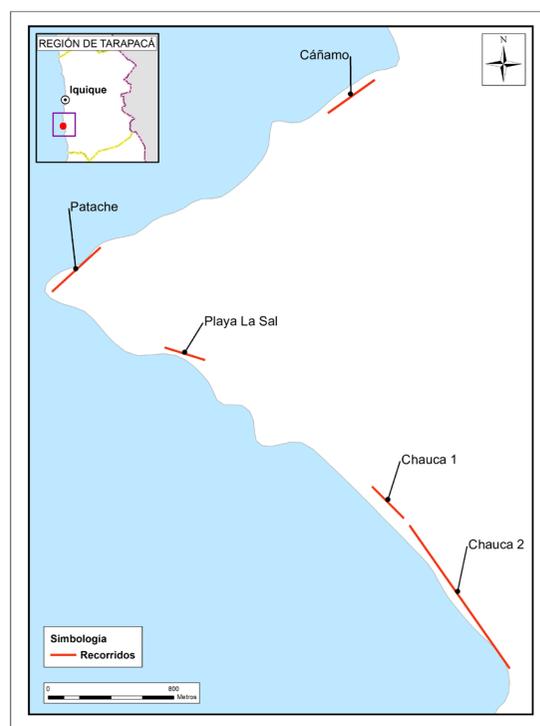


Figura 1. Área de estudio de *Microlophus quadrivittatus*, costa de Iquique, norte de Chile. Se indica la ubicación de las cinco localidades en estudio, y los recorridos (transectos) en línea roja. Nótese las distintas longitudes de los transectos en cada localidad.

recorrido fijo, en cada localidad; 2) la edad estimada de cada individuo (según Demangel 2016 y Mella 2017), en las categorías: (a) *adulto*: incluye los machos territoriales melánicos (Figura 2A), machos no territoriales y hembras adultas, con tamaños estimados mayores a 20 cm de longitud total, que conservan el diseño de cuatro bandas, de aspecto grueso (Figura 2B); (b) *subadulto*: tamaño mediano, estimado entre 12 a menos de 20 cm de longitud total, de aspecto proporcionado (Figura 2C) y (c) *juvenil*: incluye crías recién nacidas, de tamaño pequeño (estimado hasta menores a 12 cm), y de aspecto fino, con la cabeza proporcionalmente grande y coloración plumiza, con cuatro bandas oscuras (Figura 2D). Los ejemplares no fueron capturados, por lo que el tamaño sólo fue estimado visualmente.

Para las localidades de Cádiz y Patache (con mayor cantidad de muestreos, y a una distancia de 1.500 m), se agruparon los datos de cada mes en muestreos anuales (2008 a 2011) y estacionales: verano (enero a marzo), otoño (abril a junio), invierno (julio a septiembre) y primavera (octubre a diciembre). Además, para dichas localidades se agruparon los muestreos para evaluar si hay diferencias entre: eventos El Niño/La Niña, marea baja/marea alta y periodos mañana/tarde (AM/PM). Las localidades de Playa la Sal, Chauca 1 y 2 fueron consideradas básicamente para los análisis de diferencias poblacionales y su relación con los microhábitats presentes en ellas (variaciones ambientales).

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar abundancias medias, entre años, estaciones y localidades (con distintos tamaños de muestra, considerando el número desigual de muestreos mensuales por localidad), y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparaciones pareadas (en el caso de que KW muestre diferencias significativas). Además, se usó la prueba U de Mann-Whitney en comparaciones parciales (para las localidades agrupadas de Caleta Cádiz-Patache) para evaluar diferencias entre periodos El Niño/ La Niña, entre eventos de baja y alta marea, y entre muestreos efectuados a distintas horas del día. Para todas las pruebas se utilizó el programa Statistica 7.0, con un nivel de significancia de 5%.



Figura 2. Ejemplares de *Microlophus quadrivittatus*. (A) macho adulto melánico, (B) hembra adulta (C) subadulto y (D) juvenil.

RESULTADOS

Disponibilidad de microhábitats

De las cinco localidades, Cañaño está dominado por bolones y rocas, y menor proporción de arena, relativamente similar a Patache y Chauca 2, dominado por bolones y roqueríos costeros, aunque sin arena (Apéndice 1). Por otra parte, Playa La Sal presenta microhábitats diversos, con similar dominancia de playa arenosa, bolones y rocas, mientras que Playa Chauca 1 posee un microhábitat casi exclusivo de playa arenosa (Apéndice 1).

Muestreo preliminar

En el primer muestreo de julio 2008, y en los transectos perpendiculares a la costa, se observó que la gran mayoría de los ejemplares (independiente si son juveniles, subadultos o adultos) se encuentra en los primeros 6 metros de la línea de marea, concentrándose en los 3 primeros metros, y con muy pocos registros sobre los 10 metros (9%, Apéndice 2). Este resultado definió que los siguientes muestreos (paralelos a la costa) cubrieran los primeros 10 metros desde la línea costera, para contabilizar la mayor parte de la población.

Tamaños poblacionales

Variaciones ontogenéticas

Agrupando las abundancias en las dos localidades similares en microhábitat y con mayor número de muestreos ($n = 26$; Caleta Cañaño y Punta Patache), se observan grandes oscilaciones numéricas en el total de individuos, variando entre un mínimo de 47 ejemplares (septiembre 2009) hasta un máximo de 141 individuos (septiembre 2011; Figura 3A), con un Coeficiente de Variación (CV) de 26,8%. La alta variación también se observa para cada uno de los grupos etarios: los juveniles varían entre ningún ejemplar (noviembre 2009) hasta un máximo de 73 individuos (septiembre de 2011), con un $CV = 51,6\%$; los subadultos entre 4 a 28 ($CV = 54,2\%$) y los adultos entre 10 a 66 ($CV = 37,8\%$, con la menor variación), no asociándose los valores extremos a determinadas estaciones del año (Figura 3A). Sin embargo, al transformar las abundancias absolutas a proporciones, para los distintos grupos etarios, se observa una tendencia a un patrón estacional, donde los juveniles dominan la población en invierno para disminuir en primavera, justo a la inversa de los adultos, quienes dominan en primavera y son menos abundantes en invierno (Figura 3B). Cabe destacar la ausencia total de ejemplares en agosto de 2010, en el muestreo realizado al día siguiente de una gran marejada (Figura 3).

Variaciones anuales y estacionales

En Cañaño y Patache, al comparar las abundancias promedio mensuales agrupadas por cada año, entre 2008 a 2011, con tamaños muestrales de 4 (2008) a 9 (2009), éstos presentan una alta variación y no se observan diferencias para el total de ejemplares (prueba de Kruskal-Wallis, $H = 2,60$; g.l. = 3; $n = 26$; $p = 0,46$), con un rango promedio entre 72,6 ejemplares (en 2010) a 91 ejemplares (en 2011; Apéndice 3, Figura 4A). Al separar los distintos grupos etarios, tampoco hay diferencias interanuales para los juveniles, subadultos y adultos (Apéndice 3). Para los juveniles y subadultos (con valores menores), existe una tendencia creciente entre el promedio más bajo en 2009 hasta el mayor en 2011, mientras que para los adultos, el promedio más bajo se registra en 2010 y el mayor en 2009 (Apéndice 3).

Comparando las abundancias medias agrupadas por cada estación, con tamaños muestrales de 2 (otoño) a 10 (primavera e invierno), no hay diferencias significativas para el total de ejemplares (K-W, $H = 2,87$; g.l. = 3; $n = 26$; $p = 0,41$), con un rango entre 75,2 ejemplares promedio (en primavera), hasta 96,3 ejemplares (en verano; Apéndice 4, Figura 4B). Al comparar los estados etarios, también existe alta variación y no se registran diferencias entre las estaciones, para juveniles (marginamente no significativo), subadultos y adultos (Apéndice 4).

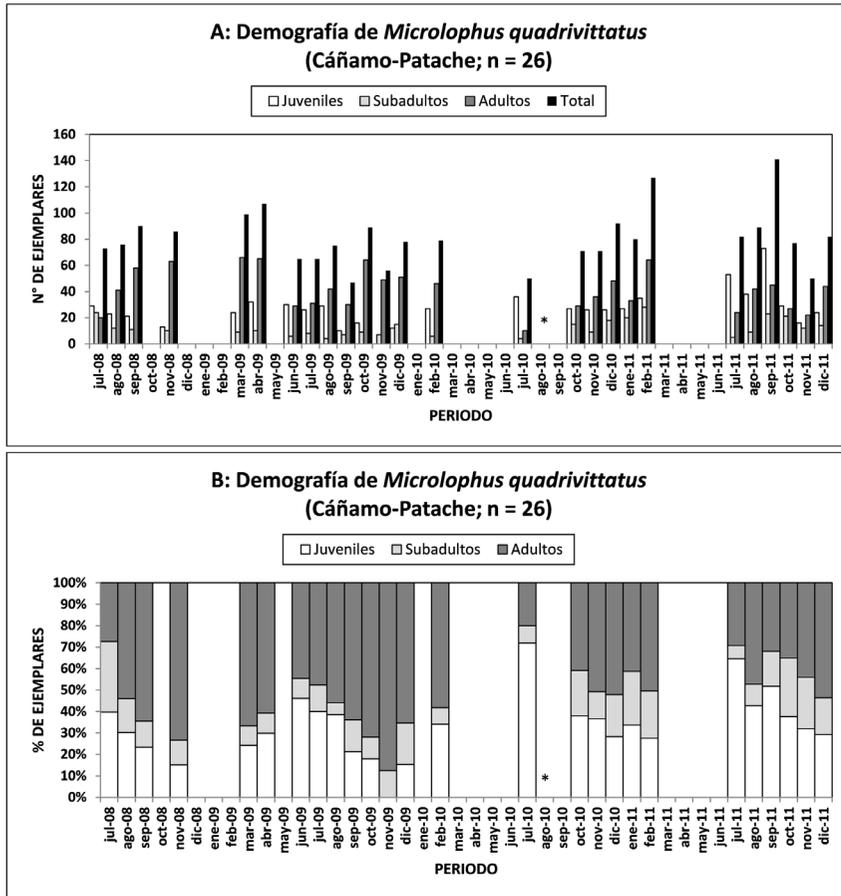


Figura 3. Demografía de *Microlophus quadrivittatus* entre julio de 2008 a diciembre de 2011, en dos localidades agrupadas: Cáñamo-Patache. Se indica el número absoluto de ejemplares (A, arriba) y la proporción porcentual (B, abajo) separado por edad. Los periodos sin registro no fueron muestreados, excepto el indicado en asterisco (*) sin ejemplares, muestreado al día siguiente de una gran marejada.

Variaciones ambientales

Al comparar las abundancias en las cinco localidades, las distintas clases etarias variaron dependiendo de la disponibilidad de microhábitats. Así, en Playa Chauca 2, y al igual que Cáñamo y Patache (donde existe mayor disponibilidad de bolones y rocas), dominan los adultos sobre los juveniles, con rangos entre 17 a 89 adultos y 0 a 13 juveniles (Apéndice 5A). Por el contrario, en Playa La Sal (con mayor disponibilidad de arena), dominan los juveniles (Apéndice 5B), lo que se acentúa en Playa Chauca 1 (con disponibilidad casi total de arena), y donde la gran mayoría de los ejemplares observados son juveniles (Apéndice 5C). Los subadultos se observan en baja proporción poblacional en todas las localidades (Apéndice 5).

Al comparar las abundancias relativas para cada localidad, estandarizando en individuos/100 m de recorrido lineal (con 10 metros de ancho, considerando una superficie de 1.000 m²), se obtiene lo siguiente (Apéndice 6; Figura 5): en todos los casos, y a pesar de la alta variación de datos, tanto para el total de ejemplares como para cada clase etaria, existen diferencias significativas entre las localidades (Figura 5). Considerando el total de ejemplares (prueba de Kruskal Wallis, $H = 18,29$; g.l. = 3; $n = 58$; $p = 0,0004$), las localidades con mayor abundancia relativa son Cáñamo-Patache (dominado por bolones y rocas), con un promedio de 9,6 ind/100 m, seguido por Playa La Sal (media de 6,9 ind/100m) y Chauca 2 (6,7 ind/100 m),

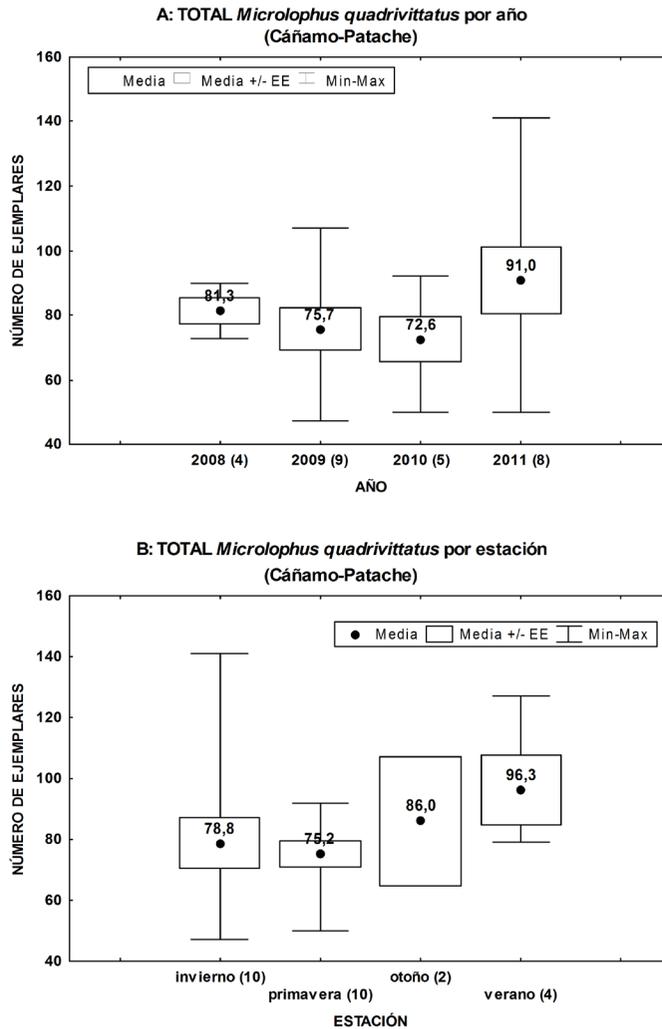


Figura 4. Demografía anual (A) y estacional (B) de *Microlophus quadrivittatus* en Cáñamo-Patache, para el total de ejemplares. Se indican los valores promedios, EE, Mínimos y Máximos. En paréntesis los números de muestra por año y por estación.

mientras que la localidad con la menor abundancia total es Chauca 1 (playa arenosa), con 2,2 ind/100 m (Apéndice 6; Figura 5A). La prueba de Kolmogorov-Smirnov (para la comparación entre pares) mostró diferencias significativas entre Cáñamo-Patache con Playa la Sal y Cáñamo-Patache con Chauca 1 (Figura 5A).

Al separar en grupos etarios, en el caso de los juveniles ($H = 18,07$; g.l. = 3; $n = 58$; $p = 0,0004$), éstos son notoriamente más abundantes en Playa La Sal (promedio de 5,3 ind/100 m), seguido por Cáñamo-Patache (3,2 ind/100 m) y Chauca 1 (2,2 ind/100 m), mientras que las menores abundancias se observan en Chauca 2 (0,5 ind/100 m; Apéndice 6 y Figura 5B). Las comparaciones entre pares indican diferencias entre Cáñamo-Patache con Chauca 2 y La Sal con Chauca 2. En el caso de los subadultos, también con diferencias entre localidades ($H = 23,24$; g.l. = 3; $n = 58$; $p = 0,0001$), éstos son más abundantes en Cáñamo-Patache (con una media de 1,4 ind/100 m), similar a Chauca 2 (1,1 ind/100 m), los que son mucho mayores a Playa La Sal (0,6 ind/100 m) y son muy escasos en Chauca 1 (sólo 0,1 ind/100 m; Apéndice 6 y Figura 5C). Las comparaciones pareadas muestran diferencias significativas entre Cáñamo-Patache con La Sal,

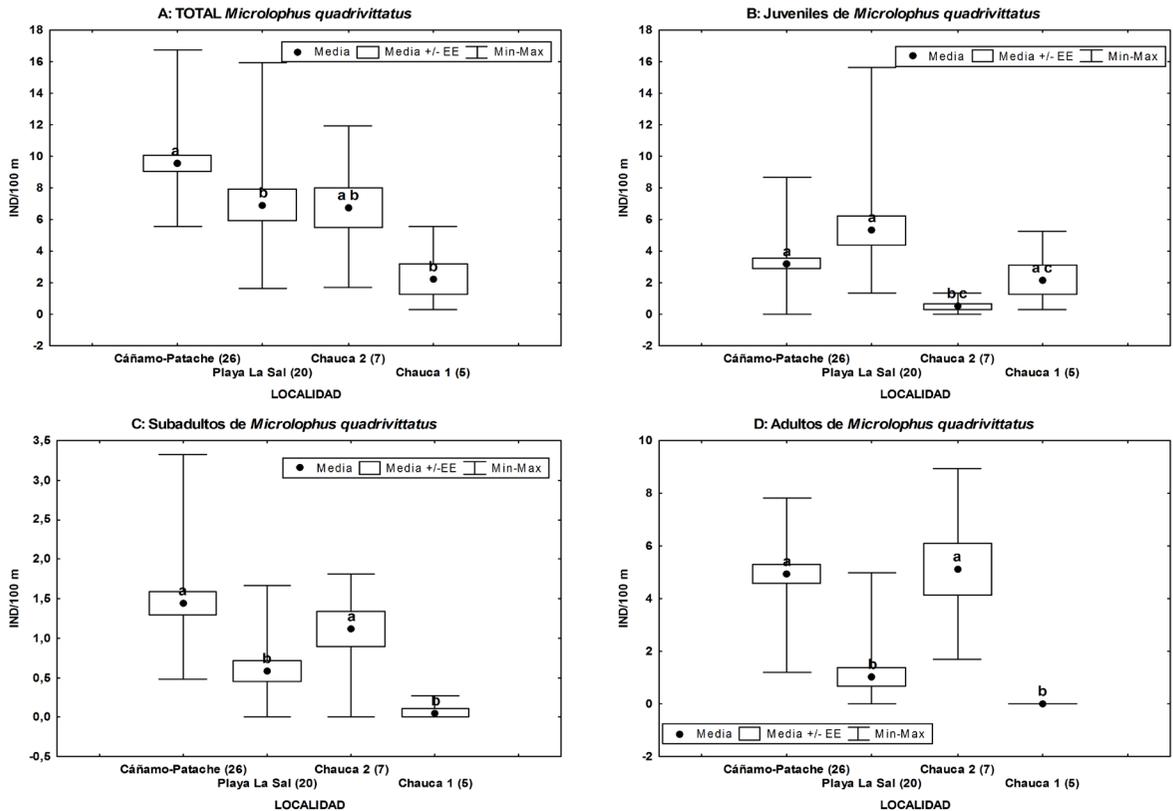


Figura 5. Abundancias relativas (ind/100 m) de *Microlophus quadrivittatus*, en las localidades de estudio, para el total de ejemplares (A), juveniles (B), subadultos (C) y adultos (D). Se indican los valores promedios, EE, Mínimos y Máximos. En paréntesis los números de muestra por localidad. Las letras distintas indican diferencias significativas entre localidades.

Ciénamo-Patache con Chauca 1, La Sal con Chauca 2 y Chauca 2 con Chauca 1 (Figura 5C). Finalmente, los adultos también muestran diferencias significativas ($H = 34,71$; g.l. = 3; $n = 58$; $p = 0,0001$), ya que son más abundantes en Chauca 2 (media de 5,1 ind/100 m) y Ciénamo-Patache (4,9 ind/100 m), valores muy superiores a lo observado en Playa La Sal (1,0 ind/100 m), y a Chauca 1, sin registro de adultos (Apéndice 6 y Figura 5D). Las comparaciones pareadas muestran diferencias entre Ciénamo-Patache con La Sal, Ciénamo-Patache con Chauca 1, La Sal con Chauca 2 y Chauca 2 con Chauca 1 (Figura 5D).

Comparaciones parciales (Ciénamo-Patache)

Hora de muestreo: de 26 muestreos totales, 21 se realizaron AM y cinco PM, y aunque no se registraron diferencias significativas de las abundancias entre ambos periodos (U de Mann-Whitney, $p > 0,35$ para las tres categorías etarias), si se observó que los valores mínimos se registran en los muestreos a primera hora (9:00 h) de la mañana mientras que los máximos se concentran entre las 10:00 h hasta las 12:00 h.

Eventos de El Niño/la Niña: dentro de nuestro período de estudio, entre agosto 2009 a mayo 2010 se registró un evento de El Niño (de intensidad media) y entre agosto 2010 a mayo 2011 un evento de La Niña (de intensidad fuerte; según Ortlieb y Vargas, 2015; GGWS, 2018). Para dichos periodos (con 6 muestreos mensuales para El Niño y 5 para La Niña), no existen diferencias significativas para el total de ejemplares

entre ambos eventos climáticos (U de Mann – Whitney = 9,0; $p = 0,27$), ni para adultos (U = 10,5; $p = 0,41$) ni juveniles (U = 7,0; $p = 0,14$). En el caso de los subadultos, si hay diferencias significativas (U = 2,0; $p = 0,017$), con una mayor cantidad de ejemplares durante La Niña (18 individuos en promedio) en comparación a El Niño (8 ejemplares en promedio).

Mareas altas y bajas: para 17 de los 26 muestreos en que se estimaron extremos de mareas (12 con marea baja, 5 con marea alta), a pesar que no se observaron diferencias significativas para ninguna edad (U de Mann-Whitney, $p > 0,08$ para las tres categorías etarias), hay una tendencia a observar más ejemplares juveniles y subadultos con marea alta, a la inversa de la tendencia de los adultos (con mayores abundancias en marea baja).

DISCUSIÓN

Representatividad de Muestreo

El registro preliminar de transectos perpendiculares a la costa muestra la mayor concentración de los individuos en los 6 primeros metros de la línea de costa, y valida los muestreos posteriores (recorridos paralelos a la costa), los que se centraron en los primeros 10 metros. Este registro concuerda con los antecedentes conductuales previos de la especie, la que se encuentra entre 0 a 100 msnm (Mella 2017), y acota la mayor probabilidad de registro a la primera franja del intermareal (si bien se encuentran ejemplares hasta 30 metros en este estudio, y se han observado a mayores distancias de la costa, dichos registros son poco frecuentes y esporádicos). Probablemente esta preferencia de uso por los primeros metros de la línea costera se relaciona con la conducta alimentaria de la especie, con consumo de invertebrados y algas en la franja del intermareal rocoso (Donoso-Barros 1966, Ortiz, 1980b, Mella 2017).

Por otra parte, a pesar de que las intensidades de muestreo fueron diferentes en las distintas localidades, las comparaciones y resultados son validados por los análisis estadísticos, los que efectivamente consideran los esfuerzos de muestreo diferentes (anuales, estacionales). Por otra parte, las variaciones poblacionales temporales se compararon sólo para Cñaño y Patache agrupadas, las que poseen el mayor esfuerzo de muestreo. Finalmente, las comparaciones poblacionales ambientales (asociadas a los microhábitats de las cinco localidades, con transectas de distinta longitud), fueron estandarizadas a ind/100 metros lineales, lo que valida la comparación.

A pesar que los ejemplares no fueron marcados, las comparaciones poblacionales se basan en el número observado de ejemplares por transecto mensual (sin repeticiones, ya que el recorrido es unidireccional), no importando si son muestras dependientes (pseudoréplicas) o independientes.

Tamaños poblacionales

Variaciones ontogenéticas y temporales

Para *M. quadrivittatus*, no se registran diferencias anuales y estacionales en los tamaños poblacionales de ningún estado etario, lo que se asocia a una alta variación de los datos. En el caso de las comparaciones estacionales, los resultados son concordantes con la mayor estabilidad climática estacional de la costa del norte (oceánica y desértica), con baja amplitud térmica, alta humedad (80% anual, debido a las neblinas costeras matutinas) y sin precipitaciones, en comparación a la zona central o la zona andina, con inviernos y veranos muy extremos (di Castri y Hajek 1976). Por lo anterior, los reptiles costeros del norte no debieran registrar grandes oscilaciones poblacionales estacionales, ya que el ambiente donde habitan es relativamente estable. Sin embargo, al transformar las abundancias absolutas a proporciones,

se observa una tendencia a un patrón estacional, donde los juveniles dominan la población en invierno para disminuir en primavera. Probablemente, estas variaciones estarían determinadas básicamente por los juveniles, que son el grupo etario con mayores extremos (desde ningún ejemplar a 73 individuos) y alta variación poblacional (CV = 51,6%), y posiblemente mayor mortalidad, por depredación vía canibalismo (Donoso-Barros 1966, Ortiz 1980a, b, Mella 2017).

Las grandes fluctuaciones numéricas registradas pueden ser explicadas por una combinación de distintos factores, como: (A) horas distintas del muestreo: en Patache y Cañaño, aunque no se registraron diferencias significativas entre ambos periodos del día (AM *versus* PM), esto pudo deberse al tamaño desigual de muestreos, con pocos muestreos en la tarde (n = 5). No obstante, si se observó que los valores mínimos se registran en los muestreos a primera hora de la mañana mientras que los máximos se concentran entre las 10:00 h hasta las 12:00 h, por lo que se sugiere realizar estudios futuros entre dicho rango horario para optimizar el muestreo, y minimizar el probable error de muestreo; (B) condiciones térmicas diferentes (días soleados *versus* parciales), los que condicionan la actividad de los reptiles, como animales ectotermos. En nuestro caso, en Cañaño-Patache, con 20 muestreos en que se evaluó la condición del día (15 soleados y 5 parciales), se observaron más juveniles y subadultos en días parciales, a la inversa de los adultos, más numerosos en días soleados (C) muestreos cercanos a eventos de marejadas (como la ausencia de ejemplares en agosto de 2010, un día después de una marejada); (D) eventos de El Niño/La Niña: considerando sólo los sectores de Patache y Caleta Cañaño, en el caso de los subadultos si hay diferencias significativas, con una mayor cantidad de ejemplares durante La Niña que en El Niño, resultado similar a lo registrado para adultos y juveniles de *Amblyrhynchus cristatus* (Llerena *et al.* 2004); (E) Mareas altas y bajas: a pesar que no se observaron diferencias significativas para ninguna edad, hay una tendencia a observar más ejemplares juveniles y subadultos con marea alta, a la inversa de la tendencia de los adultos (con mayores abundancias en marea baja). Esta asociación de actividad inversa podría estar asociado a la conducta de canibalismo de esta especie: los juveniles y subadultos serían más activos en mareas altas, ya que aprovecharían que los adultos se refugian durante dichos eventos.

Este estudio poblacional de al menos cuatro años (aunque no continuos) es un registro valioso, ya que no se conocen parámetros poblacionales a mediano o largo plazo de reptiles en Chile, y también son muy escasos los estudios demográficos a nivel sudamericano, como en *Liolaemus* de Argentina: *L. espinozai* (Cabrera y Scrocchi 2014), *L. koslowskyi* (Martori y Aun 2010), *L. darwini* (de Viana *et al.* 1994), *Liolaemus quilmes* y *L. ramirezae* (Robles y Halloy 2008), *Phyllodactylus sentosus*, en Perú (Valdez 2016), y aún más escasos son estudios demográficos en reptiles costeros, como *Amblyrhynchus cristatus* (la iguana de las Galápagos) en Ecuador (Llerena *et al.* 2004) y *Microlophus peruvianus*, en Perú (Tello 2017). Sin embargo, la mayoría de dichos estudios son a corto plazo (algunos meses o un año, excepto el estudio de siete años de Robles y Halloy 2008), con campañas estacionales, de modo que no permiten hacer comparaciones interanuales. Estudios poblacionales de mediano o largo plazo pueden dar información relevante sobre fenómenos o patrones de mayor escala espacial (como los cambios asociados a El Niño-La Niña), o estacionales (con réplicas de cada estación), los que no pueden notarse en estudios puntuales o menores a un año, o sin réplicas estacionales.

En cuanto a los efectos de tsunamis o marejadas (las que en esta última década parecieran ser cada vez más frecuentes) sobre las poblaciones de reptiles costeros, cabe destacar la ausencia total de ejemplares en agosto de 2010, en el muestreo realizado al día siguiente de una gran marejada. Sin embargo, dicho evento pareciera no haber influido en el muestreo posterior (en octubre de 2010, con valores de abundancia similares al mes precedente a la marejada, en julio 2010). Sería interesante estudiar qué mecanismos (conductuales, fisiológicos) utilizan los reptiles para sobrevivir a tales eventos extremos (¿resisten enterrados y/o sumergidos, minimizando su metabolismo? ¿suben y se protegen más arriba de la línea de marea?).

Variaciones ambientales

Los antecedentes poblacionales de la especie en estudio, muestran que los distintos ambientes (definidos por la distinta cobertura de microhábitats de arena, bolones y rocas) determinan cambios demográficos, tanto en abundancia total poblacional, como en las diferentes categorías etarias. Así, los ejemplares adultos dominan en ambientes rocosos, mientras que los juveniles predominan en los ambientes arenosos (y en menor medida, en playas de bolones), lo que coincide con antecedentes cualitativos previos (Donoso-Barros 1966; Ortiz 1980 a,b, Mella 2017). Los valores estandarizados (en ind/100 m lineales de costa) permiten cuantificar las abundancias y compararlas en distintas localidades (minimizando los posibles errores de muestreo por distinta longitud recorrida en cada localidad). Es interesante por ejemplo, observar que en ambientes de playas arenosas extensas (alejadas de roqueríos, como Chauca 1), si bien hay juveniles, éstos no son muy abundantes (hasta 5,3 ind/100 m), mientras que en las playas arenosas cercanas a rocas (como Playa La Sal), los juveniles llegan a su máximo de 15,6 ind/100 m. Lo anterior podría explicarse suponiendo que los adultos ponen los huevos cercanos a las rocas, pero enterrados en la arena, similar a lo que ocurre con otra especie congénérica, más al sur: *M. atacamensis* (Yery Marambio, comunicación personal). En este sentido, los ambientes de rocas y arena, usados por los adultos y juveniles, respectivamente, serían los ambientes fuente y sumideros asociados a los cambios poblacionales (Pulliam 1988). Así, las crías recién nacidas, más abundantes en la arena pero cerca de rocas, se desplazarían hacia ambientes más alejados de las rocas como un mecanismo de evasión ante el canibalismo de los adultos.

Otros antecedentes que validan los registros de diferencias ontogenéticas asociadas con variaciones de microhábitat en las distintas localidades son: a) por una parte, en las localidades de Cañaño y Patache (con mayor tamaño de muestra), los juveniles se observaron casi exclusivamente en los parches asociados a arena o bolones, a pesar que eran los parches de menor extensión y cobertura de dichas localidades; b) en todas las localidades, los adultos fueron registrados mayoritariamente perchados sobre rocas, rara vez en bolones y nunca en la arena, al contrario de los juveniles, que la mayoría de las veces fueron registrados en la arena y/o sobre bolones, muy rara vez sobre rocas (J. Mella, datos no publicados); c) este uso preferente de rocas por los adultos y de arena por los juveniles, se observa en todas las estaciones del año y a distintas horas del día (J. Mella, datos no publicados), por lo que no es explicado por mayores nacimientos de juveniles en una determinada estación ni por preferencias de actividad diaria.

Otro resultado interesante es que los subadultos (con los menores valores de abundancia), presentan un comportamiento intermedio entre juveniles y adultos, siendo más abundantes en sectores con dominancia de bolones (como los juveniles registrados en Cañaño y Patache) y muy escasos en playas arenosas extensas (como los adultos en Chauca 1). Se desconocen otros estudios que describan en detalle esta conducta de interfase de los subadultos, lo que también podría estar asociado a preferencias intermedias de microhábitat, y también se desconoce el tiempo en que tarda un juvenil en alcanzar la madurez sexual, antecedentes que ayudarían a interpretar las variaciones ontogenéticas observadas.

Estos resultados podrían ser considerados como base para estudios ambientales, tanto como para comparar valores referenciales de abundancia (o densidad), como para consideraciones de manejo de fauna costera (Gadsden 2006). La preservación de los ambientes de roqueríos, bolones y playas arenosas resulta vital para asegurar la supervivencia de adultos y la dispersión de los juveniles.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro de Ecología Aplicada las facilidades otorgadas para la realización del muestreo. A Héctor Jiménez N., por las facilidades otorgadas por CEDREM para la redacción de esta publicación. A Jessica Labarca, por la elaboración del mapa (Figura 1). A seis revisores anónimos, quienes ayudaron a sintetizar y mejorar este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁEZ, C. y A. CORTÉS

- 1990 Precisión de la termorregulación conductual del lagarto neotropical *Tropidurus quadrivittatus*. (Lacertilia: Iguanidae). Revista Chilena de Historia Natural 63: 203-209.

CABRERA, M.P. y G.J. SCROCCHI

- 2014 Patrones de actividad y abundancia de una población de *Liolaemus espinozai* Abdala, 2005 (Iguania: Liolaemidae) en campo El Arenal, Catamarca, Argentina. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 30(3): 459-470.

DEMANGEL, D

- 2016 Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, Santiago. 619 págs.

DE VIANA, M.L., C. JOVANOVIČH y P. VALDÉS

- 1994 Densidad, proporción de sexos y utilización del espacio de *Liolaemus darwini* (Sauria: Iguanidae) en el Valle de Tin Tin, Argentina.

DI CASTRI, F. y E.R. HAJEK

- 1976 Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile. 161 págs.

DIXON, J. y J. WRIGHT

- 1975 A review of the lizards of the Iguanid genus *Tropidurus* in Perú. Contributions in Science Natural History Museum, Los Angeles 271:1-39.

DONOSO-BARROS, R

- 1966 Reptiles de Chile. Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 458 págs.

FARIÑA, J.M., M. SEPÚLVEDA, M.V. REYNA, K.P. WALLEM y P.G. OSSA-ZAZZALI

- 2008 Geographical variation in the use of intertidal rocky shores by the lizard *Microlophus atacamensis* in relation to changes in terrestrial productivity along the Atacama Desert coast. Journal of Animal Ecology 77: 458-468.

FROST, D.R.

- 1992 Phylogenetic analysis and taxonomy of the *Tropidurus* group of lizards (Iguania: Tropiduridae). American Museum Novitates 3033:1-68.

FROST, D.R. y R. ETHERIDGE

- 1989 A phylogenetic analysis and taxonomy of iguanian lizards (Reptilia: Squamata). Museum of Natural History University of Kansas, Miscellaneous publication 81:1-65.

GADSEN, H

- 2006 Demografía e Historia de Vida en Saurios. Universidad Autónoma del Estado de México. Ciencia Ergo Sum Vol 13, número 002:183-191.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES (GGWS)

- 2018 El Niño and La Niña years and intensity. Disponible en: <http://www.ggweather.com>. Último acceso: enero 2019.

IBÁÑEZ, S., M.A. VIDAL, J.C. ORTIZ y F. TORRES-PÉREZ

2015 Geometric morphometric analysis of the head of *Microlophus atacamensis* (Tropiduridae) in a latitudinal gradient. *Zoological Studies* 54:24. 8 pág.

LLERENA, A., C. MÁRQUEZ, H.L. SNELL y A. JARAMILLO

2004 Abundancia de *Amblyrhynchus cristatus* en El Niño (97-98) y La Niña (10-02) en Santa Cruz, Galápagos. *Ecología Aplicada*. 3(1,2): 87-91.

MARTORI, R. y L. AUN

2010 Reproducción y variación de grupos de tamaño en una población de *Liolaemus koslowskyi* (Squamata:Liolaemini). *Cuadernos de Herpetología*, 24(1): 39-55.

MELLA, J

2017 Guía de Campo de Reptiles de Chile. Tomo 2: Zona Norte. Peñaloza APG (Ed.). Santiago, Chile. 316 págs.

NORTHLAND, I., J. CAPETILLO, P. ITURRA y A. VELOSO

1987 Estudios morfológicos y cromosómicos en el género *Tropidurus* (Iguanidae) del norte de Chile. *Anales del Museo de Historia Natural, Valparaíso*, 18: 115-122.

ORTIZ, J.C

1980a Revisión taxonómica del género *Tropidurus* en Chile. I Reunión Iberoamericana de Zoología de Vertebrados, La Rábida 1977: 355-377.

ORTIZ, J.C

1980b Estudios comparativos de algunas poblaciones de *Tropidurus* de la costa chilena. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 13: 267-277.

ORTIZ, J.C. y I. SEREY

1979 Análisis factorial de correspondencias de las especies del género *Tropidurus* en Chile. *Revista de Biología y Medicina Experimentales*, Santiago 12: 203-208.

ORTLIEB, L. y G. VARGAS

2015 Hacia una historia de eventos lluviosos extremos en el sur del Desierto de Atacama, Norte Chico, a partir de fuentes documentales. XIV Congreso Geológico Chileno, La Serena, Octubre 2015. 823-826.

PULLIAM, H. R

1988 Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 132:652-661.

REYES, F. y J. MELLA

2017 Observación de Captura de *Mus musculus* Linnaeus, 1758 (Mammalia, Rodentia, Muridae) por *Microlophus quadrivittatus* Tschudi, 1845 (Reptilia, Squamata, Tropiduridae) en la costa del norte de Chile. *Biodiversity and Natural History* Vol. 4(1): 8-10.

ROBLES, C.I. y M. HALLOY

2008 Seven years of relative abundance in two syntopic neotropical lizards, *Liolaemus quilmes* y *L. ramirezae* (Liolaemidae), from northwestern Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 22(2):73-79

RODRÍGUEZ, E.S. y A.V. GÓMEZ

1983 Autoecología de *Tropidurus theresioides* (Lacertilia: Iguanidae). Tesis de Bachillerato, Universidad de Chile, Iquique. 21 pp.

RUIZ DE GAMBOA, M

2016 Lista actualizada de los reptiles de Chile. Boletín Chileno de Herpetología 3: 7-12.

SEGURA, B

2014 Observaciones sobre la alimentación de *Microlophus quadrivittatus* (Tschudi 1845). Boletín Chileno de Herpetología 1: 18.

SEPÚLVEDA, M., M.A. VIDAL, J.M. FARIÑA y P. SABAT

2008 Seasonal and geographical variation in thermal biology of the lizard *Microlophus atacamensis* (Squamata: Tropicuridae). Journal of Thermal Biology 33: 141-148.

TELLO, B

2017 Estructura poblacional de *Microlophus peruvianus* en el supralitoral del distrito de Huanchaco – Provincia de Trujillo – La Libertad, Agosto 2016 Enero 2017. Tesis para obtener el título profesional de Biólogo, Universidad Nacional de Trujillo.

VALDÉZ, F

2016 Dinámica y estructura poblacional de *Phyllodactylus sentosus* Dixon & Huey, 1970, en la Huaca Pucllana-Lima, Perú. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, Universidad Ricardo Palma.

VICTORIANO, P.F., F. TORRES-PÉREZ, J.C. ORTIZ, L.E. PARRA, I. NORTHLAND y J. CAPETILLO

2003 Variación aloenzimática y parentesco evolutivo en especies de *Microlophus* del grupo “*peruvianus*” (Squamata: Tropicuridae). Revista Chilena de Historia Natural 76: 65-78.

VIDAL, M. y J.C. ORTIZ

2004 Análisis osteológico en dos especies de *Microlophus* (Sauria, Tropicuridae) de la costa chileno-peruana. Gayana (Concepción) 68(1): 9-19.

VIDAL, M., J.C. ORTIZ y A. LABRA

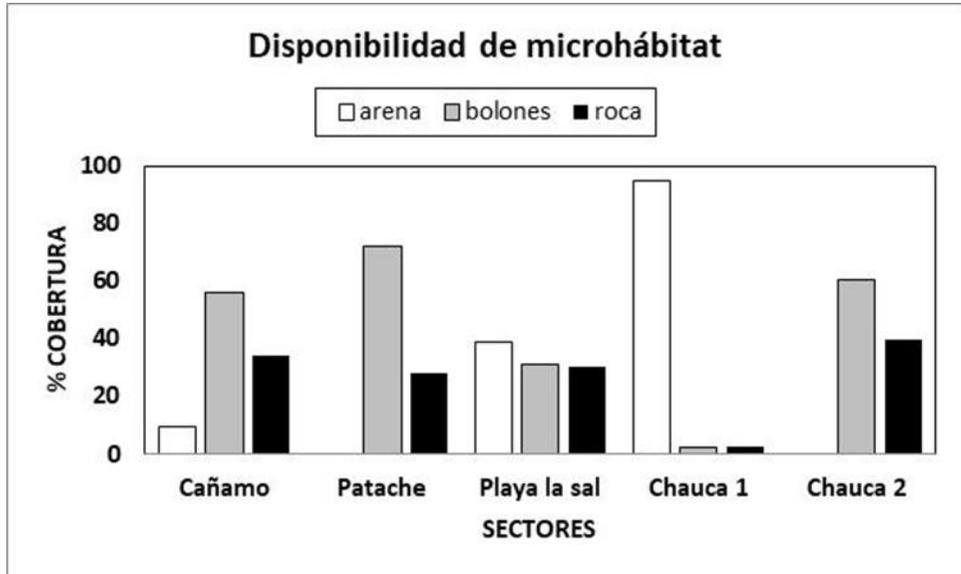
2002 Sexual and age differences in ecological variables of the lizard *Microlophus atacamensis* (Tropicuridae) from northern Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 283-292.

VIDAL, M., J.C. ORTIZ, C. SÁNCHEZ, G. ESCOBAR y F. TORRES-PÉREZ

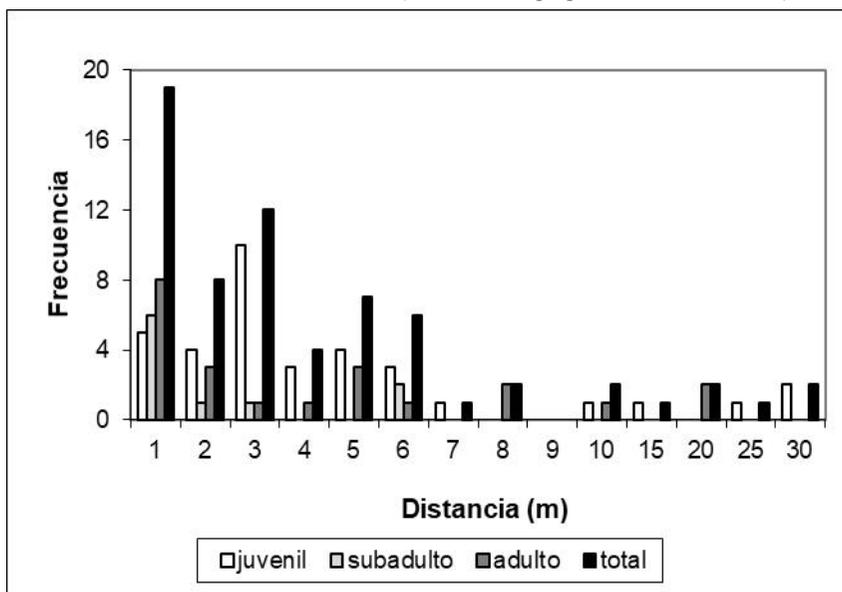
2017 Identidad taxonómica de *Microlophus heterolepis* (Wiegmann, 1835) y *Microlophus yanezi* (Ortiz, 1980) dos buenas especies del desierto interior de Chile y Perú. Gayana, 81(2): 100-110.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Apéndice 1. Cobertura (%) de los tipos de microhábitats presentes en las cinco localidades de estudio, en la costa de Iquique.



Apéndice 2. Frecuencia (número de ejemplares) de *Microlophus quadrivittatus* a diferentes distancias de la línea de marea (en transectos perpendiculares a la costa).



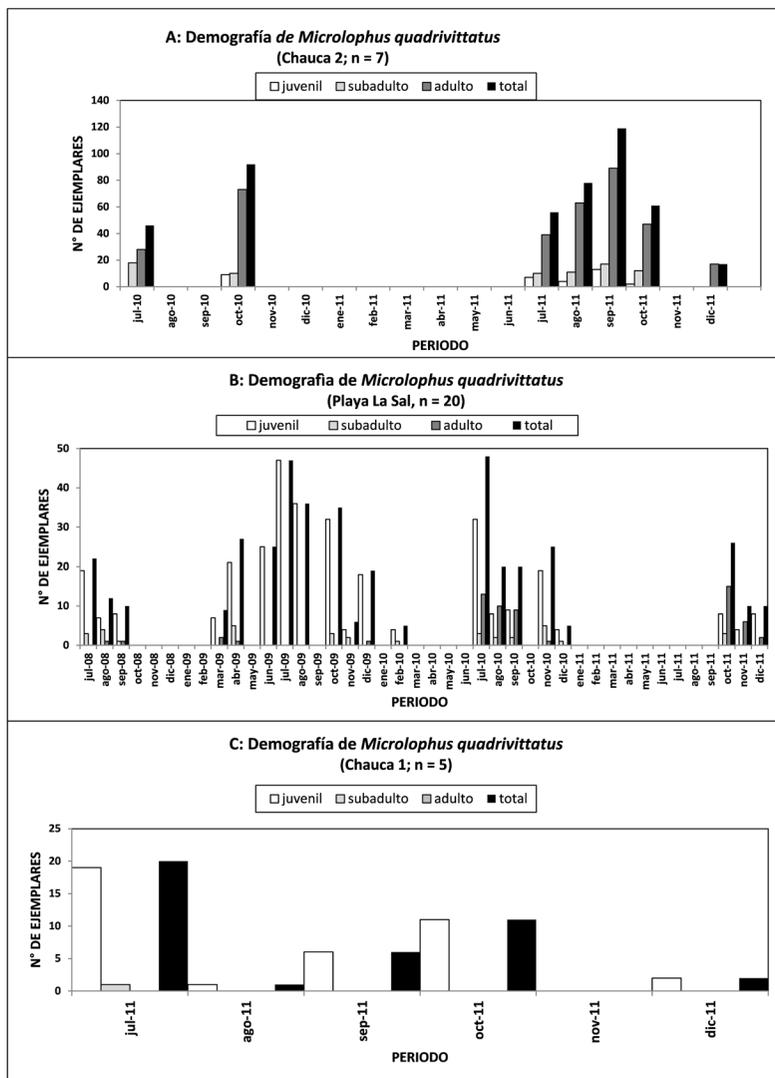
Apéndice 3. Valores anuales promedio (X), mínimos (Mín) y máximos (Máx) de abundancia de *Microlophus quadrivittatus* en Cañaño-Patache. Se indica además, para cada grupo etario, el valor del estadístico y su probabilidad asociada.

Edad	AÑO				Kruskal-Wallis (g.l. = 3; n = 26)
	2008 (n = 4)	2009 (n = 9)	2010 (n = 5)	2011 (n = 8)	
	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	
Total	81,3 (73-90)	75,7 (47-107)	72,6 (50-92)	91,0 (50-141)	H = 2,60; p = 0,46
Adultos	45,5 (20-63)	47,4 (29-66)	33,8 (10-48)	37,6 (22-64)	H = 3,00; p = 0,39
Subadultos	14,3 (10-24)	8,3 (6-15)	10,4 (4-18)	16,5 (5-28)	H = 7,24; p = 0,06
Juveniles	21,5 (13-29)	19,9 (0-32)	28,4 (26-36)	36,9 (16-73)	H = 6,15; p = 0,10

Apéndice 4. Valores estacionales promedio (X), mínimos (Mín) y máximos (Máx) de abundancia de *Microlophus quadrivittatus* en Cañaño-Patache. Se indica además, para cada grupo etario, el valor del estadístico y su probabilidad asociada.

Edad	ESTACIÓN				Kruskal-Wallis (g.l. = 3; n = 26)
	verano (n = 4)	otoño (n = 2)	invierno (n = 10)	primavera (n = 10)	
	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	X (Mín-Máx)	
Total	96,3 (79-127)	86,0 (65-107)	78,8 (47-141)	75,2 (50-92)	H = 2,87; p = 0,41
Adultos	52,3 (33-66)	47,0 (29-65)	34,3 (10-58)	43,3 (22-64)	H = 4,54; p = 0,21
Subadultos	15,8 (6-28)	8,0 (6-10)	10,7 (4-24)	13,0 (7-21)	H = 2,94; p = 0,40
Juveniles	28,3 (24-35)	31,0 (30-32)	33,8 (10-73)	18,9 (0-29)	H = 7,48; p = 0,06

Apéndice 5. Demografía de *Microlophus quadrivittatus* en Chauca 2 (A), Playa La Sal (B) y Chauca 1 (C). Los periodos sin valores no fueron muestreados.



Apéndice 6. Valores mínimos (Mín) y máximos (Máx) de abundancia de *Microlophus quadrivittatus* en las localidades de estudio. Se indica, para cada grupo etario, la abundancia relativa (individuos/100 m lineales).

Sector	Juveniles		Subadultos		Adultos		Total	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Cañaño + Patache (843 m; n = 26)	0	8,7	0,5	3,3	1,2	7,8	2,1	16,7
Chauca 2 (995 m; n = 7)	0	1,3	0	1,8	1,7	8,9	1,7	11,9
Playa La Sal (301 m; n = 21)	1,3	15,6	0	1,7	0	5,0	1,7	15,9
Chauca 1 (360 m; n = 5)	0,3	5,3	0	0,3	0	0	0,3	5,6