

# Taxonomy, Diversity, and Abundance of the Genera *Liolaemus* and *Proctoporus* (Reptilia: Squamata) in the Area of Influence of the PERU LNG Pipeline

Roberto C. Gutiérrez\*, Juan C. Chaparro, Meylin Y. Vásquez,  
Aarón J. Quiroz, and Robert P. Langstroth

**ABSTRACT.** *Liolaemus* and *Proctoporus* lizards are among the most abundant vertebrates in the high Andean ecosystem. Reduced dispersal abilities, restriction to specific habitats, and sensitivity to postdisturbance habitat modifications make these genera good indicators to detect anthropogenic activities. We determine the distribution and abundance of *Liolaemus* and *Proctoporus* lizards in the area of influence of the PERU LNG pipeline, and characterize their habitat use over three sampling periods: austral winter (June–July 2010), late austral spring (November–December 2010), and austral autumn (April–May 2011). The study included 15 locations distributed across seven ecological landscape units (1–4, 6, 9, and 10) and three vegetation formations: degraded montane forest, puna sward-forming grassland, and puna tussock grassland. The sampling design includes two standard methodologies, parcels and visual encounter survey (VES) transects, all of which were georeferenced. Our results from parcels reveal that during the first sampling period, some species of lizards in parcels within the PERU LNG pipeline (impacted) were absent, whereas in subsequent seasons we observed an increase in abundance for some species (i.e., *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus* cf. *polystictus*). The abundance of most species in VES transects shows an increase (except *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus* cf. *melanogaster*) near the pipeline compared to the control zones, suggesting that conditions close to the right of way (ROW) of the pipeline may be more favorable for the species than those either within the ROW or in the control zones. The presence of accumulated materials from construction of the pipeline along the edge of the ROW might provide important refugia and other conditions propitious for the lizards. Further research is needed to evaluate these abundance trends. Given the lack of taxonomic studies on the lizards of southern Peru, we

present information on the taxonomy of *Liolaemus* and *Proctoporus*, provide brief descriptions of the morphospecies, and give a field identification key for all the lizards found in the PERU LNG gas pipeline area of influence.

**KEY WORDS.** *Liolaemus*, *Proctoporus*, Squamata, PERU LNG pipeline, habitat use, indicator, taxonomy.

## Introduction

Lizards of the genera *Liolaemus* (Squamata: Liolaemidae) and *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) are among the most abundant vertebrates in the high Andean ecosystem (Sinsch, 1986). Reduced dispersal abilities (Lannoo, 1998), restriction to specific habitats, and sensitivity to postdisturbance habitat modifications make many genera of the order Squamata good indicators for the detection of the effects of anthropogenic activities (Jones, 1986). Species of *Liolaemus* have been studied as indicators of anthropogenic impacts and habitat quality (e.g., Vega et al., 2000; Kacoliris et al., 2009).

In the PERU LNG pipeline area of influence, the presence of species of the genera *Liolaemus* and *Proctoporus* (Walsh Perú, 2005; Domus Consultoría Ambiental, 2007) provides opportunities to obtain information on their taxonomy, natural history, population trends, and conservation status, all of which are basic data for the development of long-term conservation, research, and management programs (Pianka, 1986; Kacoliris et al., 2009; Smolensky and Fitzgerald, 2011). These studies are of special importance

\*Correspondence: R. Gutiérrez, salamanqueja@gmail.com.

for species diversity of southern Peru, a zone with significant data gaps, and can allow us to monitor the impacts of the construction, operation, and maintenance of the PERU LNG gas pipeline on the populations of various species of these genera.

The PERU LNG environmental and social impact assessment (Walsh Perú, 2005) reported four species of *Liolaemus* and one species of *Proctoporus*. Subsequently, the ecological field survey of the PERU LNG pipeline right of way (ROW; Domus Consultoría Ambiental, 2007) registered seven species of *Liolaemus* and two species of *Proctoporus*. These studies sampled habitats along a broad geographic and altitudinal range from the Apurimac River Valley Montane Forest Ecotone ecological landscape unit (ELU 1) to the Huaytará High Plains and Ridges (ELU 10; see Langstroth et al., this volume; Table 1, Figure 1). Nevertheless, the uncertainty of the taxonomic identity of the majority of the species of *Liolaemus* and *Proctoporus* in the PERU LNG area of influence (with the exception of *Liolaemus walkeri*) demands further study given that the descriptions of the recognized species suffer from overlapping morphological character states and poor resolution of systematic relationships.

As part of the PERU LNG biodiversity monitoring and assessment program (BMAP; Dallmeier, Langstroth, et al., this volume), a protocol was developed for monitoring *Liolaemus* and *Proctoporus* lizards. The study had the following objectives: (1) clarify the taxonomy of the species of *Liolaemus* and *Proctoporus* in the PERU LNG pipeline area of influence, (2) determine the distribution and abundance of the populations of *Liolaemus* and *Proctoporus* in

the PERU LNG pipeline area of influence, and (3) characterize the habitat use of the different species of these genera in the PERU LNG pipeline area of influence.

## Study Area

The study area includes sites between pipeline kilometer progressives (kp) 1 + 500 and 213, which includes seven ELUs (1–4, 6, 9, and 10) in the Ayacucho and Huancavelica Departments (Langstroth et al., this volume; Figure 1). The study sites are found in three vegetation formations: degraded montane forest of the Upper Apurimac River Valley, puna sward-forming grassland, and puna tussock grassland (Langstroth et al., this volume). The regional climate of the study area is characterized by a humidity that decreases from east to west, driven by the proximity of the eastern slopes of the Ayacucho Region to humid Amazonian air masses and the influence of the Atacama desert on the Pacific coast (Langstroth et al., this volume).

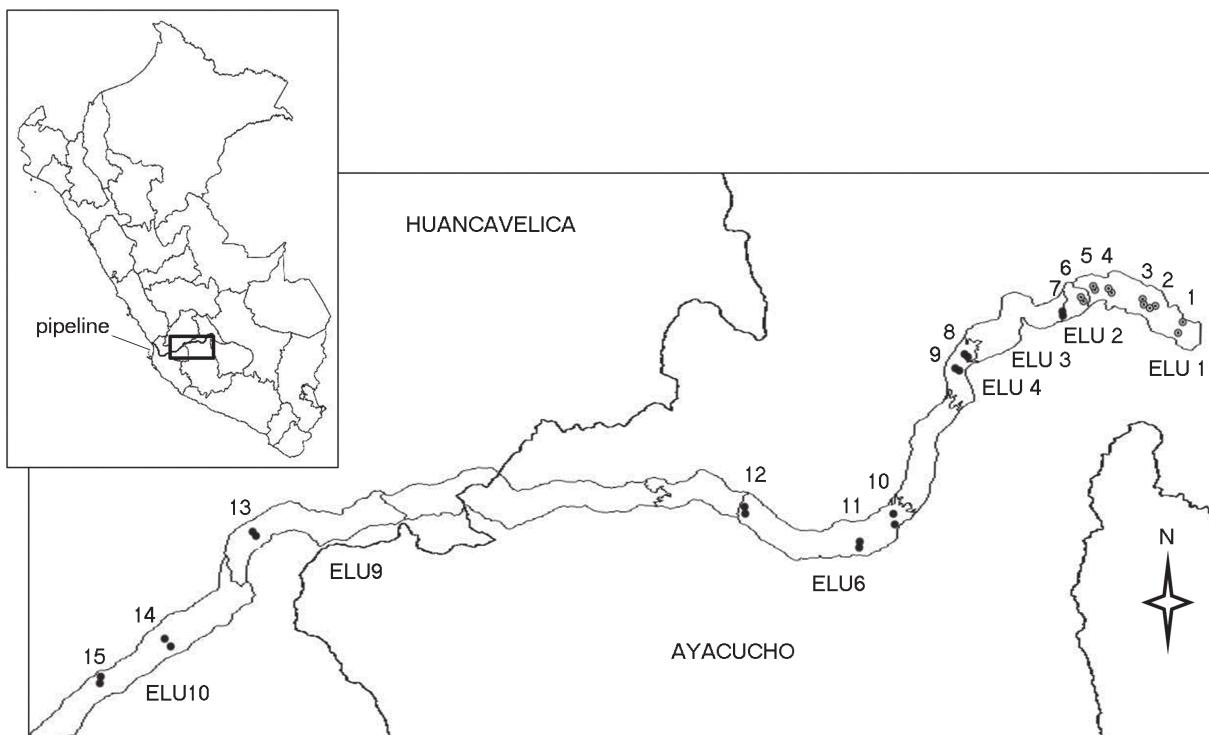
## Methods

This study was carried out over three sampling periods, austral winter (June–July 2010), late austral spring (November–December 2010), and austral autumn (April–May 2011), in 15 locations distributed among 7 ELUs (1–4, 6, 9, and 10; Figure 1, Table 1) and three vegetation formations (degraded montane forest, puna sward-forming grassland, and puna tussock grassland). The sampling design includes two standard methodologies: parcels and visual encounter

**TABLE 1.** Lizard species found by ecological landscape unit (ELU), vegetation formation, and study location. See Figure 1 for the study locations and Langstroth et al. (this volume) for the ELUs.

Species	ELU <sup>a</sup>	Vegetation formation	Study locations
<i>Proctoporus</i> sp. 1	1	Montane forest, puna sward-forming grassland	1–4
<i>Proctoporus</i> sp. 2	2	Puna sward-forming grassland, puna tussock grassland	5–7
<i>Liolaemus walkeri</i>	2–4, 6	Puna sward-forming grassland, puna tussock grassland	5–12
<i>Liolaemus</i> sp. 1	4	Puna tussock grassland	8, 9
<i>Liolaemus</i> cf. <i>williamsi</i>	6	Puna tussock grassland	10–12
<i>Liolaemus</i> cf. <i>polystictus</i>	9, 10	Puna tussock grassland	13, 14
<i>Liolaemus</i> cf. <i>melanogaster</i>	10	Puna tussock grassland	14
<i>Liolaemus</i> sp. 2	10	Puna tussock grassland	15

<sup>a</sup>ELUs are as follows: 1, Apurimac River Valley Montane Forest Ecotone; 2, Campana Watershed; 3, Torobamba River Valley; 4, Sillaccasa Sierra; 6, Huamanga–Vischongo Watershed Divide; 9, Pampas–Palmito River Basins; 10, Huaytará High Plains and Ridges.



**FIGURE 1.** Distribution of the 15 study locations for *Liolaemus* and *Proctoporus* along the PERU LNG gas pipeline. Localities are by ecological landscape unit: 1–5, ELU 1 (Apurimac River Valley Montane Forest Ecotone); 6, ELU 2 (Campana Watershed); 7, ELU 3 (Torobamba River Valley); 8 and 9, ELU 4 (Sillaccasa Sierra); 10–12, ELU 6 (Huamanga–Vischongo Watershed Divide); 13, ELU 9 (Pampas–Palmito River Basins); 14 and 15, ELU 10 (Huaytará High Plains and Ridges).

surveys (VES) transects, all of which were duly geo-referenced. The sampling design was altered in the third sampling period to include additional ELUs in the Pacific versant and coastal areas. This chapter presents and discusses principally the data from the first and second periods.

### Parcels

Parcel sampling is an adequate method for species with small dispersal ranges (Sélem-Salas et al., 2011) and provides relative density data (Davis and Winstead, 1980). In each location, we established four permanent 10 m × 50 m parcels, two within the pipeline ROW (referred to as impact) and two outside of the ROW (at distances from 300 to 500 m from edge of ROW, referred to as control; the total number of parcels is 60). Sampling time in each parcel was approximately 30 minutes, carried out by two observers. Actual sampling time varied slightly with the complexity of the habitat and the number of individuals encountered since data collection (e.g., measurements) took place in the sampled parcels.

### Visual Encounter Survey Transects

Visual encounter surveys provide the relative density per unit of effort (time) in different microhabitats, allowing for more detailed searches focused on the sites most likely to yield lizards (Crump and Scott, 1994; Manzanilla and Péfaur, 2000). Two VES transects were performed at each location per sampling period, one in the impact zone (along the outer edge of the pipeline ROW) and one in the control zone (at distances 300–800 m from the ROW; the total number of transects is 30; see Plate 15). Each VES transect had a sampling effort of 180 person-minutes.

### Abundance

For this study, all individuals of each species (or morphospecies) of *Liolaemus* and *Proctoporus* encountered in each parcel and VES transect were counted in order to obtain the abundance data. Habitat data were collected for each individual observed in order to evaluate affinities with vegetation associations. Whole-body specimens and tissue samples were collected

for each species and morphospecies, and these were deposited for future study in the herpetological collections at the Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru, and the Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Peru. Analyses of the abundance data for impact and control parcels were performed using nonparametric Wilcoxon rank-sum tests (SPSS version 10).

## Results

### Taxonomy

We found two morphospecies of the genus *Proctoporus* and six morphospecies of the genus *Liolaemus* distributed among the three vegetation formations in impact and control sampling units (Table 1). Given the dearth of taxonomic studies on the lizards of southern Peru, particularly the members of the *Eulaemus* clade of *Liolaemus*, we present brief descriptions of the morphospecies and a field identification key for the lizards of the PERU LNG gas pipeline area of influence (including species of other genera found in field surveys in the ELUs of the Pacific versant during the April–May 2011 sampling period).

#### *Proctoporus* morphospecies

The genus *Proctoporus* Tschudi, 1845 (Squamata: Gymnophthalmidae), sensu Doan and Castoe (2003), includes six recognized species, all endemic to the eastern Andes of Peru and Bolivia (ranging from the Junín Department in northern Peru to the Santa Cruz Department in southern Bolivia; Doan et al., 2005). The individuals found in the study area correspond to two morphospecies that are distinct from each other and the six species recognized by Doan et al. (2005; also see Appendices 1 and 2). Within the BMAP area, *Proctoporus* are restricted to the easternmost habitats: montane forest and puna sward-forming grasslands for *Proctoporus* sp. 1 and puna sward-forming grasslands and mesic tussock grasslands for *Proctoporus* sp. 2 (see Appendices 1 and 2).

#### *Liolaemus* Morphospecies

The genus *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Squamata: Liolaemidae) includes more than 220 recognized species in two subgenera (Lobo et al., 2010), of which

16–18 described species are found in Peru, with 13 being country endemics. However, the understanding of the taxonomy and systematics of the Peruvian species is very poor, and there is long-standing confusion surrounding the identities of some of the species considered to be members of the Peruvian fauna (Langstroth, 2011). Until the 1970s, most of the Peruvian specimens of the subgenus *Eulaemus* were cataloged as either *L. signifer* (Duméril and Bibron, 1837), *L. multiformis* (Cope, 1876), or *L. annectens* Boulenger, 1901, species whose identities and taxonomic validity remain to be resolved.<sup>1</sup> More recently, in the 1980s and 1990s, Laurent (1982, 1990, 1992, 1998) described many aspects of the variation of the Peruvian *Eulaemus* and named *L. ortizi*, *L. disjunctus*, *L. robustus*, *L. polystictus*, *L. williamsi*, *L. melanogaster*, *L. thomasi*, and *L. etheridgei*, the majority of which were previously recognized as *L. signifer*, *L. multiformis*, or *L. annectens*. Of Laurent's species, three have type localities in the Ayacucho or Huancahué Departments: *L. melanogaster*, *L. polystictus*, and *L. williamsi*. The morphological differences among these three species are slight and may represent clinal variations of a single species; however, no published genetic studies are available for the Peruvian *Liolaemus*. Thus, the species assignments of the lizards of the subgenus *Eulaemus* in this study are provisional. The subgenus *Liolaemus* includes at least four Peruvian species (*L. alticolor*, *L. walkeri*, *L. tacnae*, and *L. incaicus*; Lobo et al., 2007), but it seems to be less diverse in Peru and seems to have less taxonomic confusion.

In the PERU LNG pipeline area of influence, *Liolaemus* lizards are found primarily in tussock grasslands (at a macrohabitat level), with the exception of *L. walkeri*, which is also found in puna sward-forming grasslands. Of the six *Liolaemus* morphospecies, we tentatively assigned three to described species (*L. melanogaster*, *L. polystictus*, and *L. williamsi*), one is assigned to *L. walkeri*, and we identify two only as belonging to the subgenus *Eulaemus*. One of these latter morphospecies, *Liolaemus* sp. 2, is being described as a new species because of this study.

#### Abundance among Treatments (Impact versus Control)

During the winter sampling period (June–July 2010), the total number of *Liolaemus* and *Proctoporus* lizards encountered in the impact parcels (11) was less

**TABLE 2.** Abundance of *Proctoporus* and *Liolaemus* in parcels and visual encounter survey (VES) transects. Sampling periods: P1, June–July 2010; P2, November–December 2010; P3, April–May 2011. Treatments: I, impact; C, control. An asterisk (\*) denotes the significance statistical test. A dash (–) indicates that no statistical test was performed because the data were scarce or the required assumptions for the test were not met.

Species	Parcels						VES Transects									
	P1		P2		P3		Wilcoxon		P1		P2		P3		Wilcoxon	
	I	C	I	C	I	C	test	p <sub>0.05</sub>	I	C	I	C	I	C	test	p <sub>0.05</sub>
<i>Proctoporus</i> sp. 1	1	26	10	26	9	33	2.5*	0.01	13	15	23	30	27	17	10.5	0.29
<i>Proctoporus</i> sp. 2	0	6	0	8	–	–	–	–	12	6	7	16	–	–	–	–
<i>Liolaemus walkeri</i>	6	7	7	9	4	8	13*	0.04	27	17	39	12	13	10	18	0.10
<i>Liolaemus</i> sp. 1	0	0	0	2	–	–	–	–	1	0	2	2	–	–	–	–
<i>Liolaemus</i> cf. <i>polystictus</i>	0	14	17	17	–	–	–	–	10	9	29	5	–	–	–	–
<i>Liolaemus</i> cf. <i>williamsi</i>	2	8	0	5	–	–	–	–	7	6	0	12	8	10	–	–
<i>Liolaemus</i> cf. <i>melanogaster</i>	0	1	5	3	–	–	–	–	3	6	6	1	0	12	–	–
<i>Liolaemus</i> sp. gr. <i>signifer</i>	2	4	2	9	–	–	–	–	7	6	8	10	1	1	–	–
<b>Total</b>	11	66	41	79	13	41			80	65	114	88	49	50		

than that in the control parcels (66; Table 2). In the VES transects, however, the total abundance of *Liolaemus* and *Proctoporus* was greater in the impact zone (80) than the control (65). This tendency was observed for all species except for *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus* cf. *melanogaster* (Table 2), which were more abundant in the control zone. Given the small number of parcels and transects with abundance data, these apparent trends could not be tested statistically.

During the second sampling period (November–December 2010), we found a higher abundance of all species in the control parcels with the exception of *L. cf. melanogaster* and *L. polystictus*. In total, we found 41 lizards in the impact parcels and 79 lizards in the control parcels. However, the increase in the abundance of lizards in the control parcels with respect to the previous season was 272.7%, whereas the increase in the control parcels was only 19.7%. The VES transects showed a trend similar to the previous season, with a greater number (114) of lizards found along the edge of the gas pipeline ROW (impact zone) than distant from the ROW (control; 88). However, this trend only held true for *L. walkeri*, *L. cf. polystictus*, and *L. cf. melanogaster*, as all other species tended to be more abundant in the control zone or show no apparent difference (Table 2). Overall, the Wilcoxon tests indicate that only *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus walkeri* were significantly more abundant in the control zones than in the impact zones ( $p < 0.05$ ; Table 2).

#### Abundance among Vegetation Formations

The data on the cumulative occurrences of lizards in parcels by vegetation formation in the first sampling period (June–July 2010, Table 3) suggest that the number of individuals encountered in the impact parcels within the ROW is less than that in the control parcels outside of the ROW. No lizards were found in the impact parcels in the puna sward-forming grassland formation. The results of the second sampling period (November–December 2010; Table 3) indicate increases in the abundance of lizards in impact parcels in the degraded montane forest formation (+900%) and in puna tussock grassland (+210%), but there was no evidence of recolonization of the impact parcels in puna sward-forming grassland (zero individuals in impact parcels versus 17 individuals in control parcels).

The VES data by vegetation formation for the first sampling period (June–July 2010; Table 3) suggest that the abundance of lizards in the impact zones (outer edges of the ROW) are similar to that of the control zones, but with an apparently higher number of lizards in impact zones than in control zones in the puna tussock grassland (58 and 42, respectively). During the second sampling period (November–December 2010; Table 3), we found a greater number of lizards in the impact zones in degraded montane forest and puna tussock grassland and lower abundance in impact zones in puna sward-forming grassland than in control zones. Overall, the Wilcoxon tests indicate that the only significant differences between

**TABLE 3.** Abundance of *Liolaemus* and *Proctoporus* by vegetation formation. Sampling periods: P1, June–July 2010; P2, November–December 2010; P3, April–May 2011. Treatments: I, impact; C, control. An asterisk (\*) denotes the significance statistical test. A dash (–) indicates that no statistical test was performed because the data were scarce or the required assumptions for the test were not met.

Vegetation formation	Parcels								VES Transects									
	P1		P2		P3				P1		P2		P3					
	I	C	I	C	I	C	Wilcoxon	test	$p_{0.05}$	I	C	I	C	I	C	Wilcoxon	test	$p_{0.05}$
Montane forest	1	20	10	20	7	31		2.5*	0.01	7	8	13	10	27	17	10.5	0.29	
Puna sward-forming grassland	0	13	0	17	0	17		–	–	15	15	22	37	–	–	–	–	–
Puna tussock grassland	10	33	31	42	8	21		10.5	0.26	58	42	79	41	24	20	14.5	0.62	
<b>Total</b>	11	66	41	79	15	69				80	65	114	88	51	37			

impact and control zones were in the montane forest formation, where there was a greater abundance of lizards in control parcels than in impact parcels ( $p < 0.05$ ; Table 3).

### Habitat Preferences

*Proctoporus* lizards were found only in ELUs 1 and 2, the easternmost and most humid ecoregions along the PERU LNG pipeline. *Proctoporus* sp. 1 was restricted to the most humid habitats (montane forest and puna sward-forming grassland) of ELU 1, whereas *Proctoporus* sp. 2 was found primarily in puna sward-forming grassland but also in the puna tussock grasslands of ELU 2. The optimal microhabitats for *Proctoporus* were low shrubs with some clearings and abundant medium-sized stones (important sites for refuge and reproduction), with some lizards also found among roots and mosses.

We found *Liolaemus* in all ELUs of the study area except ELU 1. The habitats preferred by the species of subgenus *Eulaemus* are similar: puna tussock grasslands of ELUs 4–10 with medium to large stones, rocks, and burrows under the rocks, grasses, and vegetation that serve as refuges. *Liolaemus walkeri* is the most typical species of the puna sward-forming grassland, but it also occurs in the more humid puna tussock grasslands; it was not found in the westernmost ELUs (9 and 10), which are also the most arid.

### Discussion

#### Diversity and Taxonomy

The literature on the taxonomy and ecology of the lizards of the Ayacucho and Huancavelica Departments

is nearly nonexistent, as there are few available reference collections or inventories in these departments. In an altitudinal and geographic analysis of the Andean herpetofauna (which includes species composition data for two localities in Ayacucho), Duellman (1979) documented only five species of *Liolaemus* (three of the subgenus *Liolaemus* plus *L. multififormis* and a “sp. A”) from the Andean cordilleras and valleys of Peru, along with “*Ctenoblepharis stolzmanni*,” a species whose distribution was recently restricted to the coastal deserts near Iquique, Chile, and which should no longer be considered an element of the fauna of Peru (Langstroth, 2011). For the “Mantaro-Apurímac Valley,” Duellman (1979) included three species of *Stenocercus*, lizards that replace *Liolaemus* at lower elevations in Andean valleys in the Ayacucho Department.<sup>2</sup> Smithsonian Institution Monitoring and Biodiversity Studies (Alonso et al., 2001) of the Cordillera de Vilcabamba and the Apurímac River Valley of the Cuzco Department, across the river from Ayacucho, did not find *Liolaemus* but did report *Proctoporus* and *Euspondylus*.

Uzzell’s (1970) revision of the Peruvian and Bolivian *Proctoporus* recognized four species but did not include any material from Ayacucho (*Proctoporus* remain unknown from Huancavelica). Kizirian’s (1996) revision of the Ecuadorean *Proctoporus* (now assigned to the genus *Riama*) did include material from Ayacucho that was assigned to *P. boliviensis*. The comments on the Peruvian *Euspondylus* and *Proctoporus* by Köhler and Lehr (2004) did not mention material from Ayacucho. The most recent description of a new Peruvian *Proctoporus* by Doan et al. (2005) also did not include material from Ayacucho. We assign the lizards found in our surveys to *Proctoporus* because of the absence of differentiated

prefrontal scales and the presence of a single frontonasal scale between the frontal and nasal scales, the only characteristic that distinguishes this genus from *Euspondylus* but is also a variable character (Köhler and Lehr, 2004).<sup>3</sup> Chávez et al. (2011) describe a new species of *Euspondylus* from two localities downstream of the Chiquintirca pumping station, an area that is beyond the direct area of influence of the PERU LNG gas pipeline. This new species has not been documented from the PERU LNG pipeline ROW. The *Proctoporus* lizards encountered in ELUs 1 and 2 cannot be assigned to the species described by Doan and Castoe (2003) and Doan et al. (2005) or to *P. pachyurus*, *P. guentheri*, or *P. bolivianus*.

The taxonomy of the Peruvian *Liolaemus*, particularly the species of the “Argentino” group (i.e., subgenus *Eulaemus*), is very provisional. The validity of many of the species described by Laurent (1982, 1992, 1998) remains to be confirmed by detailed studies of the geographic variations of the morphometric and meristic characters used in the definition of these species, as well as by molecular studies. The validity of the “historical” species *L. signifer* (Duméril and Bibron, 1837), *L. multiformis* (Cope, 1875), and *L. annectens* Boulenger, 1901, also remains uncertain. Some recent authors (e.g., Abdala et al., 2008) continue to recognize *L. signifer signifer* (as opposed to *L. signifer annectens* from Arequipa) as a valid name for material from Ayacucho. A general revision of the *Liolaemus* of Peru and adjacent areas remains beyond the scope of this study but is urgently needed to clarify our understanding of the diversity and evolution of one of the more important vertebrate groups in the high Andean ecosystems of the country.

### Impacts of the Pipeline on Lizard Abundance

We found a smaller number of individuals of the genera *Liolaemus* and *Proctoporus* in the impact parcels (within the ROW) of the PERU LNG gas pipeline; however, these results were only significantly different in the montane forest formation. Some species of *Liolaemus* are known to have preferences for microhabitats with certain degrees of vegetation cover, being absent where cover is either too sparse or too dense (Huey et al., 1993; Kacoliris et al., 2009). This information suggests that the ROW restoration, at this point, does not present the necessary characteristics to provide adequate habitats for recolonization of lizards.

Some of the differences observed could be an artifact of the sampling methodologies applied (parcels versus VES transects), which suggest a trend toward greater abundance of lizards (primarily *Liolaemus*) in impact zones in the puna sward-forming and tussock grassland formations; however, these were not statistically significant and require further study. The abundance of *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus walkeri* was significantly greater in the control zones than in the impact zones for the parcel method. These same trends were also apparent for the VES method but were not statistically significant.

The data from the parcel and VES methodologies are not directly comparable given that the VES method was not applied within the ROW, but adjacent to the outer edge of the ROW, which was affected by the accumulation of rocks, vegetation debris, and other materials removed from the ROW during the construction of the pipeline.

The trend in the abundance data from the VES transects seems to indicate that most of the species (except *Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus cf. melanogaster*) were more abundant near the ROW than in the control zones, suggesting that more favorable conditions for the species exist there than either within the ROW or in the control zones. The presence of the accumulated materials along the ROW edge might provide important refugia and other conditions propitious for the lizards.

The potential effect of seasonality on the abundance of lizards appears to be greater during the late spring than during winter for both sampling methodologies in each treatment and in each vegetation formation. Although the general increase in the number of lizards in the impact zones could be due to seasonal effects, the presence of *L. cf. polystictus* in the parcels indicates that there was recolonization independent of any seasonality: the abundance of this species did not vary in the control zones (14 in winter and 17 in late spring), whereas in the impact zones the abundance increased from 0 in the winter to 17 in late spring. Likewise, the abundance of *Proctoporus* sp. 1 in parcels did not vary between winter and late spring in the control zones (26 in each period), whereas in the impact zones it varied from 1 individual in winter to 10 individuals in late spring, suggesting a recolonization of the impact zones.

Overall, our study indicates that lizards in general were present in habitats with an accumulation of loose rocks or stones and natural vegetation cover.

Although the vegetation cover in the ROW has been restored to provide rapid protection against erosion, the recovery of native vegetation is important for reestablishing the initial conditions. In this regard, PERU LNG as part of the BMAP has launched a biorestoration program with native species (Linares-Palomino et al., this volume).

## Conclusions

Although there is a notable diversity of morphospecies of the genera *Liolaemus* and *Proctoporus* in the PERU LNG pipeline area of influence, the existing taxonomic arrangements for these genera cannot be applied with clarity, with the exception of *Liolaemus walkeri*. All other species assignments in this study area are applied with some degree of doubt (cf.) because of the limitations of the diagnostic characteristics applied in the descriptions of the species or because the individuals studied (labeled sp.) do not correspond to any species described to date. The alpha diversity is low at any location, usually with just one species present or at most two. Our study examines a transect from the eastern humid Andes to the dry Andes of the Pacific versant, over which there is a series of replacements or turnovers of morphospecies of the subgenus *Eulaemus*. However, we did find cases of syntopy between *L. walkeri* and species of *Eulaemus* in ELUs 4 and 6 and *Proctoporus* sp. 2 in ELU 2 (Table 1). These findings are in general agreement with the observations of Cadle and Patton (1988) and Cadle (1991) regarding commonness of parapatric distributions among phylogenetically close species of amphibians and reptiles in the Peruvian Andes. The morphospecies of the subgenus *Eulaemus* in the study area generally occupy distinct geographic spaces but can coexist with *L. walkeri* of subgenus *Liolaemus* (see Lobo et al., 2010).<sup>4</sup> Likewise, *L. walkeri* lives in syntopy with *Proctoporus* sp. 2, which belong to distant clades of lizards in evolutionary history.

The data obtained by this study on the abundance of lizards in parcels within the PERU LNG pipeline ROW appear to indicate a temporary absence of some species, as reflected by the first sampling period, followed by a trend indicating an increase in some species (*Proctoporus* sp. 1 and *Liolaemus* cf. *polystictus*). The results of the VES transects suggest that the effect of the accumulation of rocks and other materials along the edge of the ROW can generate

a benefit for lizards in terms of the availability of refugia and other resources in the proximity of the ROW. Our study also suggests that lizards are valuable indicators for environmental monitoring of linear infrastructure megaprojects such as hydrocarbon pipelines, transmission lines, and highways since they are easy to find and show sensibility to the impacts generated by these projects.

## Notes

1. *Liolaemus multiformis* was placed in the synonymy of *L. signifer* by Laurent (1992), but the identity of *L. signifer* remains uncertain since the type locality of the lost holotype is unknown and no lectotype or neotype has been formally designated. Also, the specimen alleged to be the rediscovered *L. signifer* holotype by Cei et al. (1980) is more similar to one of the syntypes of *L. annectens* than to individuals from the population described as *L. multiformis* despite Laurent's conclusions.
2. The ecological field survey found *Stenocercus* cf. *apurimacus* in the Torobamba River Valley (ELU 3), and *S. frittsi* was observed in the vicinity of the city of Huamanga and was considered likely for the Yucay River Valley and the Vinchos River Valley (ELUs 5 and 7).
3. The ecological field survey found a lizard assignable to *Euspondylus* near the city of Huamanga, and this species is considered likely for the Yucay River Valley (ELU 5).
4. *Liolaemus* cf. *polystictus* and *L. cf. melanogaster* were found in kp 209 of the pipeline (Area 14, ELU 10).

## References

- Abdala, C. S., A. S. Quinteros, and R. E. Espinoza. 2008. Two New Species of *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae) from the Puna of Northwestern Argentina. *Herpetologica*, 64(4):458–471. <http://dx.doi.org/10.1655/08-022R1.1>.
- Alonso, L., A. Alonso, T. Schulenberg, and F. Dallmeier, eds. 2001. *Biological and Social Assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. Rapid Assessment Program (RAP) Working Papers 12 and SI/MAB Series 6. Washington, D.C.: Conservation International.
- Boulenger, G. A. 1901. Further Descriptions of New Reptiles Collected by Mr. P. O. Simons in Peru and Bolivia. *Annals and Magazine of Natural History*, 42:546–549.
- Cadle, J. E. 1991. Systematics of Lizards of the Genus *Stenocercus* (Iguania: Tropiduridae) from Northern Peru: New Species and Comments on Relationships and Distribution Patterns. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 143:1–96.

- Cadle, J. E., and J. L. Patton. 1988. "Distribution Patterns of Some Amphibians, Reptiles, and Mammals of the Eastern Andean Slope of Southern Peru." In *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*, ed. W. R. Heyer and P. E. Vanzolini, pp. 225–244. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciencias.
- Cei, J. M., J. Lescure, and J. C. Ortiz. 1980. Rédecouverte de l'holotype de *Proctotretus signifer* Duméril et Bibron, 1837 (Reptilia, Iguanidae) [Rediscovery of the holotype of Duméril and Bibron, 1837 *Proctotretus signifer* (Reptilia, Iguanidae)]. *Bulletin Museum National d'Histoire Naturelle (Paris)*, Series 4, Section A, 3:919–925.
- Chávez, G., K. Siu-Ting, V. Duran, and P. J. Venegas. 2011. Two New Species of Andean Gymnophthalmid Lizards of the Genus *Euspondylus* (Reptilia, Squamata) from Central and Southern Peru. *ZooKeys*, 109:1–17. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.109.1304>.
- Cope, E. D. 1876. Report on the Reptiles Brought by Professor James Orton from the Middle and Upper Amazon and Western Peru. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 8:159–183.
- Crump, M. L., and N. J. Scott. 1994. "Visual Encounter Survey." In *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*, ed. W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek, and M. S. Foster, pp. 84–92. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Davis, D. E., and R. L. Winstead. 1980. "Estimating the Numbers of Wildlife Populations." In *Wildlife Management Techniques Manual*, 4<sup>th</sup> ed., ed. S. D. Schemnitz, pp. 221–245. Washington, D.C.: The Wildlife Society.
- Doan, T. M., and T. A. Castoe. 2003. Using Morphological and Molecular Evidence to Infer Species Boundaries within *Proctoporus boliviensis* Werner (Squamata: Gymnophthalmidae). *Herpetologica*, 59(3):432–449. <http://dx.doi.org/10.1655/03-09>.
- Doan, T. M., T. A. Castoe, and W. Arizábal Arriaga. 2005. Phylogenetic Relationships of the Genus *Proctoporus* Sensu Stricto (Squamata: Gymnophthalmidae), with a New Species from Puno, Southeastern Peru. *Herpetologica*, 61(3):325–336. <http://dx.doi.org/10.1655/04-81.1>.
- Domus Consultoría Ambiental. 2007. Ecological field survey for the PERU LNG pipeline. PTO6028, Lima, Peru: PERU LNG.
- Duellman, W. E. 1979. "The Herpetofauna of the Andes: Patterns of Distribution, Origin, Differentiation, and Present Communities." In *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal*, ed. W. E. Duellman, pp. 371–459. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, 7. Lawrence, Kans.: University of Kansas.
- Duméril, A. M. C., and G. Bibron. 1837. *Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complète des Reptiles*. Vol. 4. Paris: Librairie Encyclopédique de Roret. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.45973>.
- Huey, R. B., E. R. Pianka, and T. W. Schoener. 1983. *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Jones, K. B. 1986. "Amphibians and Reptiles." In *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*, ed. A. Y. Cooperider, R. J. Boyd, and H. R. Stuart, pp. 267–290. Denver, Colo.: U.S. Bureau of Land Management.
- Kacoliris, F. P., C. E. Celsi, and A. L. Monserrat. 2009. Microhabitat Use by the Sand Dune Lizard *Liolaemus multimaculatus* in a Pampean Coastal Area in Argentina. *Herpetological Journal*, 19:61–67.
- Kizirian, D. A. 1996. A Review of Ecuadorian *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) with Descriptions of Nine New Species. *Herpetological Monographs*, 10:85–155. <http://dx.doi.org/10.2307/1466981>.
- Köhler, G., and E. Lehr. 2004. Comments on *Euspondylus* and *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) from Peru, with the Description of Three New Species and a Key to the Peruvian Species. *Herpetologica*, 60(4):501–518. <http://dx.doi.org/10.1655/03-93>.
- Langstroth, P. R. 2011. On the Species Identities of a Complex *Liolaemus* Fauna from the Altiplano and Atacama Desert: Insights on *Liolaemus stolzmanni*, *L. reichei*, *L. jamesi pachecoi*, and *L. poconchilensis* (Squamata: Liolaemidae). *Zootaxa*, 2809:20–32.
- Lannoo, M. J. 1998. The Decline in Amphibian Populations. *National Wetlands Newsletter*, 20(1):14–17.
- Laurent, R. F. 1982. Description de trois espèces nouvelles du genre *Liolaemus* (Sauria, Iguanidae). *Spixiana*, 5(2): 139–147.
- . 1990. Una especie apartada del género *Liolaemus* Wiegmann (Iguanidae, Lacertilia). *Acta Zoológica Lilloana*, 39(2):79–84.
- . 1992. On Some Overlooked Species of the Genus *Liolaemus* Wiegmann (Reptilia Tropiduridae) from Peru. *Breviora*, 494:1–33.
- . 1998. New Forms of lizards Belonging to the Subgenus *Eulaemus* of the Genus *Liolaemus* (Reptilia: Squamata: Tropiduridae) from Perú and Northern Chile. *Acta Zoológica Lilloana*, 44(1):1–26.
- Lobo, F., R. E. Espinoza, and S. Quinteros. 2010. A Critical Review and Systematic Discussion of Recent Classification Proposals for Liolaemid Lizards. *Zootaxa*, 2549: 1–30.
- Lobo, F., S. Quinteros, and J. M. Díaz Gómez. 2007. Description of a New Species of the *Liolaemus alticolor* Group

- (Iguania: Liolaemidae) from Cuzco, Perú. *Herpetologica*, 63(4):537–543. [http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831\(2007\)63\[537:DOANSO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[537:DOANSO]2.0.CO;2).
- Manzanilla, J., and J. E. Péfaur. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles [Considerations on field methods and techniques for the study of amphibians and reptiles]. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 7(1-2):17–3.
- Pianka, E. R. 1986. *Ecology and Natural History of Desert Lizards*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Sélem-Salas, C. I., M. C. MacSwiney González, and S. Hernández-Betancourt. 2011. “Aves y mamíferos” [Birds and Mammals]. In *Técnicas de muestreo para manejadadores de recursos naturales* [Sampling techniques for natural resources managers], ed. F. Bautista-Zúñiga, E. Carmona, and R. Paez, pp. 351–387. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental.
- Sinsch, U. 1986. Amfibios de la sierra central del Perú. Una clave de identificación para adultos y larvas [Amphibians of the central highlands of Peru: An identification key for adults and larvae]. *Boletín de Lima*, 45:23–33.
- Smolensky, N. L., and L. A. Fitzgerald. 2011. Population Variation in Dune-Dwelling Lizards in Response to Patch Size, Patch Quality, and Oil and Gas Development. *The Southwestern Naturalist*, 56(3):315–324. <http://dx.doi.org/10.1894/F03-MLK-21.1>.
- Tschudi, J. J. Von. 1845. Reptilium conspectus quae in República Peruana reperiuntur et pleraque vel collecta sunt in itinere. *Archiv für Naturgeschichte*, 11:150–170.
- Uzzell, T. M. 1970. Teiid Lizards of the Genus *Proctoporus* from Bolivia and Peru. *Postilla*, 142:1–39.
- Vega, L., P. Vellagamba, and L. Fitzgerald. 2000. Long-Term Effects of Anthropogenic Habitat Disturbance on a Lizard Assemblage Inhabiting Coastal Dunes of Argentina. *Canadian Journal of Zoology*, 78:1–8. <http://dx.doi.org/10.1139/z00-095>.
- Walsh Peru. 2005. Estudio de impacto ambiental y social del proyecto de transporte de gas natural por ducto de Ayacucho a la planta de licuefacción [Environmental and social impact studies for the gas transport by pipeline from Ayacucho to the liquefaction plant]. Project No. PET-1239. Lima, Peru: PERU LNG.
- Wiegmann, A. F. A. 1835. Beiträge zur Zoologie gesammelt auf einer Reise um die Erde von Dr. F. J. F. Meyen. Siebente Abhandlung. Amphibien. *Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae*, 17:185–268.

## Appendix 1: Description of *Proctoporus* and *Liolaemus* Morphospecies

### Species of *Proctoporus*

*Proctoporus* sp. 1 (Plate 15, A). Morphologically, it can be distinguished from the species described to date by the head scalation and color patterns. This *Proctoporus* has been found in ELU 1 between kp 1 and 7 of the PERU LNG gas pipeline. The dorsal coloration is olive brown with a broad lighter band that is 6 scales wide at the neck and 12 scales wide at mid body, bordered by a darker line. Seven to 16 ocelli are found on the flanks, formed by a cream-colored spot with a dark brown border, conspicuous in the males. The venter, including the underside of the tail, is with dark lead gray pigmentation in the center and orange-red pigmentation on the outer edges.

*Proctoporus* sp. 2 (Plate 15, B). This form has been found between kp 23 and 26. It is similar to the *Proctoporus* sp. 1 but has differences in coloration, measurements, and scalation that also suggest it is an undescribed species. The general body color is olive brown with lighter tones on the venter. The underside

of the tail of the adults has a less intense orange-red coloration than *Proctoporus* sp. 1.

### Species of *Liolaemus*

*Liolaemus walkeri* (Plate 15, C). This is an abundant species of the subgenus *Liolaemus*, endemic to Peru, and widely distributed in tussock and sward-forming grasslands. In the study area, it was registered between kp 24 and 102 in ELUs 2–6. Its type locality is Llocllapampa, Junín, some 215 km to the northwest of the city of Huamanga (Ayacucho). Although it has variable size and colors, the color pattern is persistent in all of the zones, with a thin black vertebral line, one scale in width, two light bright to beige paravertebral bands, and two whitish, diffuse dorsolateral lines. *Liolaemus walkeri* can be found in syntopy with species of the subgenus *Eulaemus*.

*Liolaemus* sp. 1 (Plate 15, D). This member of the subgenus *Eulaemus* is found near kp 53 in ELU 4 and has a yellowish coloration on the dorsum and

the flanks. The ventral color varies from whitish to an intense yellow in the males, whereas in the other species in the study area the venter is pearly or melanistic. This morphospecies differs from any species described from Ayacucho or potentially distributed in this department; however, with only seven specimens, there is little certainty about its taxonomic status.

*Liolaemus* cf. *williamsi* (Plate 15, E). Found between kp 83 and 102 in ELU 6, the lizards assigned to this species have a variable dorsal coloration, with tones ranging from dark brown to brownish gray with rufous tones. The venter is white but may present small gray spots within the scales. The type locality of *L. williamsi* is Pampa Galeras between Nazca and Puquio, Ayacucho Department, some 150 km to the south of the study area in the high valleys of the Pacific versant (Laurent, 1992).

*Liolaemus* cf. *polystictus* (Plate 15, F). This species can be found from kp 190 to 209 in ELUs 9 and 10. It has a marked sexual dimorphism, as the males are large with a dark head and an entirely gray body color and the females are small sized with reticulate dorsal patterns with grays with orange tones and a pearly venter. The type locality of *L. polystictus* is Santa Inés, Huancavelica (Laurent, 1998), a locality approximately 18 km northwest of the community of Pilpichaca near the divide between ELUs 9 and 10.

*Liolaemus* cf. *melanogaster* (Plate 15, G). This species is distributed in the vicinity of kp 209 in ELU 10 and has a rather distinct coloration with a dark gray dorsum, an even darker head, and a dark gray venter, which gives rise to its etymology. The females are similar in color to those of *L. polystictus* but are of larger size. Although the type locality of *L. melanogaster* is 45 km east of Puquio, Ayacucho, approximately 160 km to the south of the study area, one of the specimens assigned to this species by Laurent (1998) is from Abra Apacheta Grande, Ayacucho, along the Libertadores Highway, close to ELU 8.

*Liolaemus* sp. 2 (Plate 15, H). This species is found in the upper Pacific drainage of ELU 10 near kp 213. This medium-sized species of *Eulaemus* has a light gray coloration with orange tones, with scattered light blue scales on the dorsum of males. Females are similar size to males but have a reticulate pattern dorsally. Both sexes have pearly white venters. This species can be distinguished from all of the Peruvian species described by Laurent as well as the historical species (*L. signifer*, *L. multicolor*, and *L. annectens*). The presence of light blue scales in the males is a characteristic shared with *L. etheridgei* from the environs of the city of Arequipa and some other species of the Pacific versant, in contrast to the *Eulaemus* from the interior of the Peruvian Andes.

## Appendix 2: Key to the Lizards Encountered in the PERU LNG Pipeline

1. Head and body scales granular, digits with expanded terminal lamellae [Plate 15K] ..... *Phyllodactylus gerrhopygus*
- 1'. Head scales plate-like, body scales not granular, digits cylindrical distally ..... 2
2. Fore and hind limbs reduced, males with femoral pores ..... 3
- 2'. Fore and hind limbs normal, males without femoral pores ..... 4
3. Males with dark gray or black venter, orange-red flanks; inhabits montane forests and puna sward-forming grassland in the Chiquintirca area [Plate 15-A] ..... *Proctoporus* sp. 1
- 3'. Males with olive greenish venter, olivaceous flanks; inhabits puna sward-forming grassland and tussock grasslands in the Cochas area [Plate 15-B] ..... *Proctoporus* sp. 2
4. Large occipital scale (greater than 1/5 width of head) ..... 5
- 4'. Occipital scale reduced or less than 1/5 width of head ..... 6
5. Diffuse or continuous gular spots forming V-shaped patterns; inhabits valleys, hills, and desert with cacti [Plate 15-J] ..... *Microlophus tigris*
- 5'. Gular spots absent, orange-colored palpebral ring; inhabits low coastal zones [Plate 15I] ..... *Microlophus theresiae*
6. Small body scales, venter white; inhabits deserts below 800 m above sea level (asl) [Plate 15L] ..... *Ctenoblepharys adspersa*
- 6'. Medium-sized body scales, venter color variable; inhabits Andes above 2,000 m asl ..... 7

7. With conspicuous grayish brown paravertebral and dorsolateral stripes, entire or fragmented dark vertebral stripe, small to medium body size, dorsal scales regularly keeled, and imbricate, slender build [Plate 15C] ..... *Liolaemus walkeri*
- 7'. Without conspicuous dorsolateral stripes or a trace of a vertebral stripe, variable dorsal scales, robust build ..... 8
8. Dorsal pattern of brown and gray spots or pale brown or yellowish background, males with blue scales on dorsum; inhabits highlands of the Pacific versant of Huancavelica [Plate 15H] .....  
..... *Liolaemus sp. 2*
- 8'. Not as above ..... 9
9. Males with markedly yellow flanks and venter; females large with dorsal pattern of irregularly dispersed spots on olive gray or yellowish background; inhabits ELU 4 [Plate 15D] .....  
..... *Liolaemus sp. 1*
- 9'. Not as above ..... 10
10. Adult males with black or dark gray venter, darker head scales [Plate 15G] .....  
..... *Liolaemus cf. melanogaster*
- 10'. Adult males with whitish or grayish venter, head scales gray or same as body color ..... 11
11. Dorsal scales gray with small light spots, males gray; females smaller, pale brown with darker dorsal markings [Plate 15F] ..... *Liolaemus cf. polystictus*
- 11'. Dorsal scales brown or gray without light-colored flecks or spots; females as above; distributed in the Huaytará area [Plate 15E] ..... *Liolaemus cf. williamsi*

Other species documented by previous studies but not encountered during this study include *Di-*  
*crodon heterolepis*, *Euspondylus* sp., *Microlophus* *thoracicus icae*, *Stenocercus* cf. *apurimacus*, and  
*Stenocercus frittsi*.

# Taxonomía, Diversidad y Abundancia de los Géneros *Liolaemus* y *Proctoporus* (Reptilia: Squamata) en el Área de Influencia del Gasoducto de Peru LNG

Roberto C. Gutiérrez\*, Juan C. Chaparro, Meylin Y. Vásquez,  
Aarón J. Quiroz y Robert P. Langstroth

**RESUMEN.** Las lagartijas de los géneros *Liolaemus* y *Proctoporus* son de los vertebrados más abundantes en el ecosistema altoandino. Una limitada capacidad de dispersión, una restricción a hábitats específicos y una respuesta a las modificaciones de hábitat después de ser perturbados hacen que estos géneros sean buenos indicadores para detectar actividades antropogénicas. Se determinó la distribución y abundancia de las lagartijas *Liolaemus* y *Proctoporus* en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG, y se caracterizó el uso del hábitat en tres períodos de muestreo: en el invierno austral (junio–julio de 2010), a finales de la primavera austral (noviembre–diciembre de 2010) y en el otoño austral (abril–mayo de 2011). El estudio incluyó 15 localidades distribuidas en siete unidades de paisaje ecológico (1–4, 6, 9 y 10) y en tres formaciones vegetales: bosque montano degradado, pajonal de puna en formación, y pastizales de puna. El diseño para muestrear incluye dos métodos estándar (parcelas y transectos) para evaluar encuentros visuales (EEV), todos los cuales fueron georreferenciados. Durante el primer período de muestreo no se encontraron lagartijas en las parcelas ubicadas muy cerca del gasoducto de PERU LNG (i.e., parcelas impactadas), mientras que en muestreos subsecuentes se observó un aumento en la abundancia de algunas especies (e.g., *Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus* cf. *polystictus*). La abundancia de la mayoría de las especies encontradas en transectos EEV aumentó cerca del gasoducto en comparación con las zonas control (excepto para *Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus* cf. *melanogaster*), lo que sugiere que las condiciones cercanas al derecho de vía (DDV) pueden ser más favorable para las especies de lagartijas estudiadas que las que se presentan dentro de este o en las zonas control. La presencia de materiales acumulados por la construcción del gasoducto al borde del DDV podría ofrecer refugios importantes u otras condicio-

nes propicias para las lagartijas. Se necesitan más investigaciones para evaluar estas tendencias. Dada la falta de estudios taxonómicos en lagartijas en el sur del Perú, se presenta información sobre la taxonomía de *Liolaemus* y *Proctoporus*, se proporcionan breves descripciones de las morfoespecies y se da una clave de identificación para todas las especies de lagartijas que se encuentran en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG.

**PALABRAS CLAVE.** *Liolaemus*, *Proctoporus*, Squamata, gasoducto de PERU LNG, uso de hábitat, indicador, taxonomía.

## Introducción

Las lagartijas de los géneros *Liolaemus* (Squamata: Liolaemidae) y *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) están entre los vertebrados más abundantes en el ecosistema altoandino (Sinsch, 1986). Su reducida capacidad de dispersión (Lannoo, 1998), su restricción a hábitats específicos y su sensibilidad a las modificaciones del hábitat hacen que muchos géneros del orden Squamata sean buenos indicadores para la detección de efectos de las actividades antropogénicas (Jones, 1986). Las especies del género *Liolaemus* han sido estudiadas como indicadores de los impactos antropogénicos y de la calidad del hábitat (e.g., Vega et al., 2000; Kacoliris et al., 2009).

En el área de influencia del gasoducto de PERU LNG, la presencia de especies de los géneros *Liolaemus* y *Proctoporus* (Walsh Perú, 2005; Domus Consultoría Ambiental, 2007) ofrece oportunidades para obtener información sobre su taxonomía,

\*Correspondencia: R. Gutiérrez, salamanqueja@gmail.com.

historia natural, tendencias en la población y estado de conservación, todos los cuales son datos básicos para el desarrollo de programas para su investigación, manejo y conservación a largo plazo (Pianka, 1986; Kacoliris et al., 2009; Smolensky y Fitzgerald, 2011). Estos estudios son de especial importancia en el sur del Perú, ya que sirven para monitorear los impactos de la construcción, operación y mantenimiento del gasoducto de PERU LNG en las poblaciones de varias especies de estos géneros.

La evaluación del impacto ambiental y social de PERU LNG (Walsh Perú, 2005) reportó cuatro especies de *Liolaemus* y una especie de *Proctoporus*. Posteriormente, el estudio de campo ecológico del derecho de vía (DDV) del gasoducto de PERU LNG (Domus Consultoría Ambiental, 2007) registró siete especies de *Liolaemus* y dos especies de *Proctoporus*. Estos estudios evaluaron hábitats en una amplia gama geográfica y altitudinal yendo de la unidad ecológica del paisaje (ELU, por sus siglas en inglés) del Ecotono del Bosque Montano del Valle del Río Apurímac (ELU 1), a las Altas Planicies y Cordillera de Huaytará (ELU 10; ver Langstroth et al., este volumen; Tabla 1, Figura 1). No obstante, la incertidumbre de la identidad taxonómica de la mayoría de las especies de *Liolaemus* y *Proctoporus* en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG (con la excepción de *Liolaemus walkeri*) exige estudios más profundos ya que las descripciones de las especies reconocidas tienen características morfológicas similares y poca resolución en las relaciones sistemáticas.

Como parte del programa de evaluación y monitoreo de la biodiversidad de PERU LNG (BMAP; Dallmeier, Langstroth, et al., este volumen), se

desarrolló un protocolo para monitorear las especies de lagartijas de *Liolaemus* y *Proctoporus*. El estudio tuvo los siguientes objetivos: (1) clarificar la taxonomía de las especies de *Liolaemus* y *Proctoporus* en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG; (2) determinar la distribución y abundancia de las poblaciones de *Liolaemus* y *Proctoporus* en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG; y (3) caracterizar el uso del hábitat de las diferentes especies de estos géneros en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG.

## Área de Estudio

El área de estudio incluye sitios entre el kilómetro progresivo (kp) 1 + 500 y el 213 del gasoducto, que incluye siete ELU (1–4, 6, 9 y 10) en los departamentos de Ayacucho y Huancavelica (Langstroth et al., este volumen; Figura 1). Los sitios de estudio se encuentran en tres formaciones vegetales: bosque montano degradado del Valle del Río Apurímac, pajonal de puna en formación y pastizales de puna (Langstroth et al., este volumen). El clima de la región donde se encuentra el área de estudio se caracteriza por una humedad que disminuye de Este a Oeste, debido a la proximidad de las laderas orientales de la región de Ayacucho, las masas de aire húmedo amazónicas y la influencia del desierto de Atacama en la costa del Pacífico (Langstroth et al., este volumen).

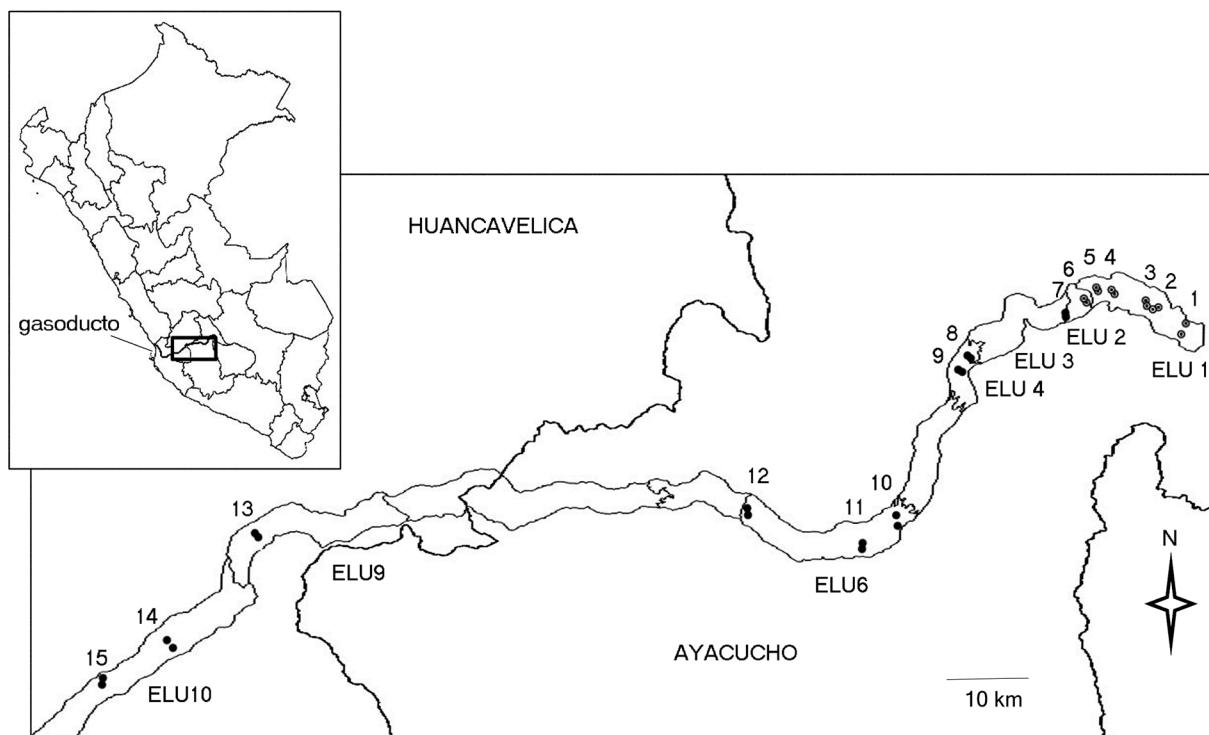
## Métodos

Este estudio se llevó a cabo durante tres períodos de muestreo: el invierno austral (junio–julio de 2010),

**TABLA 1.** Especies de lagartijas encontradas por unidad ecológica del paisaje (ELU), formación vegetal y localidad de estudio. Ver la Figura 1 para la localización de los sitios de estudio y Langstroth et al. (este volumen) para la definición de cada ELU.

Especies	ELU <sup>a</sup>	Formación Vegetal	Localidad de Estudio
<i>Proctoporus</i> sp. 1	1	Bosque montano, pajonal de puna en formación	1–4
<i>Proctoporus</i> sp. 2	2	Pajonal de puna en formación, pastizales de puna	5–7
<i>Liolaemus walkeri</i>	2–4, 6	Pajonal de puna en formación, pastizales de puna	5–12
<i>Liolaemus</i> sp. 1	4	Pastizales de puna	8, 9
<i>Liolaemus</i> cf. <i>williamsi</i>	6	Pastizales de puna	10–12
<i>Liolaemus</i> cf. <i>polystictus</i>	9, 10	Pastizales de puna	13, 14
<i>Liolaemus</i> cf. <i>melanogaster</i>	10	Pastizales de puna	14
<i>Liolaemus</i> sp. 2	10	Pastizales de puna	15

<sup>a</sup> Las ELU son las siguientes: 1, El Ecotono de Bosque Montano del Valle del Río Apurímac; 2, la Cuenca Campana; 3, el Valle del Río Torobamba; 4, la Sierra de Sillaccasa; 6, la Divisoria de las Cuencas Huamanga–Vischongo; 9, la Cuenca de los Ríos Pampas–Palmitos; 10, las Altas Planicies y Cordillera de Huaytará.



**FIGURA 1.** Localización de los 15 lugares de estudio de *Liolaemus* y *Proctoporus* en el gasoducto de PERU LNG. Los sitios están ordenados de acuerdo a la unidad ecológica del paisaje: 1–5, ELU 1 (El Ecotono del Bosque Montano del Valle del Río Apurímac); 6, ELU 2 (la Cuenca Campana); 7, ELU 3 (el Valle del Río Torobamba); 8 y 9, ELU 4 (la Sierra de Sillaccasa); 10–12, ELU 6 (la Divisoria de las Cuencas Huamanga–Vischongo); 13, ELU 9 (la Cuenca de los Ríos Pampas–Palmitos); 14 y 15, ELU 10 (las Altas Planicies y Cordillera de Huaytará).

finales de la primavera austral (noviembre–diciembre de 2010) y el otoño austral (abril–mayo de 2011), en 15 localidades distribuidas en siete ELU (1–4, 6, 9 y 10; Figura 1, Tabla 1) y tres formaciones de vegetación degradada. El diseño de muestreo incluye dos métodos estándar (parcelas y transectos) para evaluar encuentros visuales (EEV), todos los cuales fueron georreferenciados. El diseño de muestreo fue alterado en el tercer período de muestreo para incluir ELU adicionales en la vertiente del Pacífico y las zonas costeras. En este capítulo se presentan y discuten principalmente los datos del primero y del segundo período de muestreo.

### Parcelas

El muestreo por parcelas es un método adecuado para especies con rangos pequeños de dispersión (Solem-Salas et al., 2011) y proporciona datos de densidad relativa (Davis y Winstead, 1980). En cada lugar se establecieron cuatro parcelas permanentes de 10 m × 50 m: dos dentro (impacto) y dos fuera

del DDV (a distancias de 300 a 500 m del borde del DDV, control; el número total de parcelas es 60). El tiempo de muestreo en cada parcela fue de aproximadamente 30 minutos y cada muestreo fue realizado por dos observadores. El tiempo real de muestreo varió ligeramente con la complejidad del hábitat y el número de individuos encontrados ya que la toma de datos (e.g., la toma de medidas) se llevó a cabo en las parcelas muestreadas.

### Transectos para Evaluar Encuentros Visuales

La evaluación por encuentros visuales proporciona una densidad relativa por unidad de esfuerzo (tiempo) en diferentes microhabitats, lo que permite realizar búsquedas más detalladas en lugares con más probabilidades de albergar lagartijas (Crump y Scott, 1994; Manzanilla y Pefaur, 2000). En cada sitio por período de muestreo se implementaron dos transectos EEV: uno en la zona de impacto (a lo largo del borde exterior del DDV del gasoducto) y uno en la

zona control (a distancias 300–800 m del DDV; el número total de transectos fue 30 (Lámina 15). Cada transecto EEV tuvo un esfuerzo de muestreo de 180 personas-minuto.

## Abundancia

Para este estudio, todos los individuos de cada especie (o morfoespecie) de *Liolaemus* y *Proctoporus* encontrados en cada parcela y en los transectos EEV se contaron con el fin de obtener datos de abundancia. Para cada individuo observado se registraron datos del hábitat con el objetivo de evaluar afinidades con las asociaciones de vegetación. Se colectaron especímenes y muestras de tejido de cada especie y morfoespecie, y estos fueron depositados para su estudios futuros en las colecciones de anfibios y reptiles en el Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Arequipa, Perú) y el Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Cusco, Perú). Los análisis de los datos de abundancia de las parcelas de impacto y control se realizaron con la prueba de suma de rangos no paramétrica de Wilcoxon (SPSS versión 10).

## Resultados

### Taxonomía

Se encontraron dos morfoespecies del género *Proctoporus* y seis morfoespecies del género *Liolaemus* distribuidas entre las tres formaciones vegetales, en las unidades de muestreo de impacto y control (Tabla 1). Dada la escasez de estudios taxonómicos en las lagartijas del sur del Perú, en particular en los miembros de la rama *Eulaemus* de *Liolaemus*, se presenta una breve descripción de las morfoespecies y una clave de identificación en el campo para las lagartijas de la zona de influencia del gasoducto de PERU LNG (incluyendo especies de otros géneros que se encuentran en los estudios de campo en las ELU de la vertiente del Pacífico durante el período de muestreo de abril–mayo de 2011).

### Morfoespecies de *Proctoporus*

El género *Proctoporus* Tschudi, 1845 (Squamata: Gymnophthalmidae), sensu Doan y Castoe (2003), incluye seis especies reconocidas, todas endémicas

de los Andes orientales del Perú y Bolivia (que van desde el Departamento de Junín, en el norte de Perú, hasta el Departamento de Santa Cruz, en el sur de Bolivia; Doan et al., 2005). Los individuos que se encontraron en el área de estudio corresponden a dos morfoespecies y seis especies reconocidas por Doan et al. (2005; ver también los Apéndices 1 y 2). Dentro del área de estudio del BMAP, *Proctoporus* está restringido a los hábitats más orientales: los bosques montanos y pajonal de puna en formación para *Proctoporus* sp. 1, y pajonal de puna en formación y pastizales de puna para *Proctoporus* sp. 2 (véase los Apéndices 1 y 2).

### Morfoespecies de *Liolaemus*

El género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Squamata: Liolaemidae) incluye más de 220 especies reconocidas en dos subgéneros (Lobo et al., 2010), de las cuales 16–18 especies descritas y 13 especies endémicas se encuentran en Perú. Sin embargo, la comprensión de la taxonomía y sistemática de las especies peruanas es muy pobre y ha habido mucha confusión en torno a las identidades de algunas de las especies que se consideran miembros de la fauna peruana (Langstroth, 2011). Hasta la década de 1970, la mayoría de los ejemplares peruanos del subgénero *Eulaemus* fueron catalogados como *L. signifer* (Duméril y Bibron, 1837), *L. multiformis* (Cope, 1876) o *L. annectens* Boulenger, 1901, especies cuya identidad y validez taxonómica tiene que resolverse<sup>1</sup>. Más recientemente, en los 1980 y 1990, Laurent (1982, 1990, 1992, 1998) describió muchos de los aspectos de la variación de los *Eulaemus* peruanos y nombró *L. ortizi*, *L. disjunctus*, *L. robustus*, *L. polystictus*, *L. williamsi*, *L. melanogaster*, *L. thomasi* y *L. ethridgei*, la mayoría de las cuales fueron reconocidas anteriormente como *L. signifer*, *L. multiformis*, o *L. annectens*. De las especies de Laurent, tres tienen localidades tipo en los departamentos de Ayacucho o Huancavelica: *L. melanogaster*, *L. polystictus* y *L. williamsi*. Las diferencias morfológicas entre estas tres especies son pocas y podrían ser variantes de altitudes de una sola especie; sin embargo, no hay estudios genéticos publicados disponibles para los *Liolaemus* del Perú. Por lo tanto, las asignaciones de las especies de lagartijas al subgénero *Eulaemus* en este estudio son provisionales. El subgénero *Liolaemus* incluye al menos cuatro especies peruanas (*L. alticolor*, *L. walkeri*, *L. tacnae* y *L. incaicus*; Lobo et

al., 2007), pero parece ser menos diverso en el Perú y está sujeto a menos confusión taxonómica.

En el área de influencia del gasoducto de PERU LNG, las lagartijas *Liolaemus* se encuentran principalmente en los pastizales de puna (a un nivel macrohabitat), con la excepción de *L. walkeri*, que también se encuentra en pajonal de puna en formación. De las seis morfoespecies de *Liolaemus*, se asignaron tentativamente tres especies descritas (*L. melanogaster*, *L. polystictus* y *L. williamsi*), una se asignó como *L. walkeri* y se identificaron solamente dos como especies del subgénero *Eulaemus*. Uno de estas morfoespecies, *Liolaemus* sp. 2, se está describiendo como una nueva especie gracias a los aportes de este estudio.

### **Abundancia entre los Tratamientos (Impacto Frente a Control)**

Durante el período de muestreo en invierno (junio-julio de 2010), el número total de lagartijas de *Liolaemus* y *Proctoporus* encontradas en las parcelas de impacto (11) fue menor que en las parcelas de control (66; Tabla 2). En los transectos EEV, sin embargo, la abundancia total de *Liolaemus* y *Proctoporus* fue mayor en las áreas de impacto (80) que en las de control (65). Esta tendencia se observó para todas las especies, excepto para *Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus* cf. *melanogaster* (Tabla 2), que fueron más abundantes en la zona de control. Dado el limitado número de parcelas y transectos con datos de abundancia, estas tendencias aparentes no pudieron ser analizadas estadísticamente.

Durante el segundo período de muestreo (noviembre-diciembre de 2010), se encontró una mayor abundancia de todas las especies en las parcelas de control, con excepción de *L. cf. melanogaster* y *L. polystictus*. En total, se encontraron 41 lagartijas en las parcelas de impacto y 79 en las parcelas de control. Sin embargo, el aumento en la abundancia de lagartijas en las parcelas de control con respecto a la temporada anterior fue 272.7%, mientras que el aumento en las parcelas control fue solo de 19.7%. Los transectos EEV mostraron una tendencia similar a la temporada anterior, con un mayor número (114) de lagartijas en el borde del DDV (zona de impacto) que alejadas del DDV (control, 88), pero esta tendencia solo aplica a *L. walkeri*, *L. cf. polystictus*, y *L. cf. melanogaster*, ya que las demás especies tienden a ser más abundantes en la zona de control o no muestran ninguna diferencia aparente (Tabla 2). En general, las pruebas de Wilcoxon indican que solo *Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus walkeri* fueron significativamente más abundantes en las zonas control que en las zonas de impacto ( $p < 0.05$ ; Tabla 2).

### **La Abundancia entre las Formaciones Vegetales**

Los datos de ocurrencia acumulada de lagartijas en parcelas en diferentes tipos de formación vegetal en el primer período de muestreo (junio-julio de 2010, Tabla 3) indican que el número de individuos encontrados en las parcelas de impacto, dentro del DDV, es menor que en las parcelas de control, fuera del DDV.

**TABLA 2.** Abundancia de *Proctoporus* y *Liolaemus* en parcelas y por transectos de evaluación de encuentro visual (EEV). Periodos de muestreo: P1, junio-julio de 2010; P2, noviembre-diciembre de 2010; P3, abril-mayo de 2011. Tratamientos: I, impacto; C, control. Un asterisco (\*) denota la significancia de la prueba estadística. Un guion (-) indica que no se realizó la prueba estadística ya que los datos eran escasos o que requerían supuestos que la prueba estadística no cumplía.

Especies	Parcelas						Transectos EEV						Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$		
	P1		P2		P3		Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$	P1		P2		Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$		
	I	C	I	C	I	C			I	C	I	C				
<i>Proctoporus</i> sp. 1	1	26	10	26	9	33	2.5*	0.01	13	15	23	30	27	17	10.5	0.29
<i>Proctoporus</i> sp. 2	0	6	0	8	-	-	-	-	12	6	7	16	-	-	-	-
<i>Liolaemus walkeri</i>	6	7	7	9	4	8	13*	0.04	27	17	39	12	13	10	18	0.10
<i>Liolaemus</i> sp. 1	0	0	0	2	-	-	-	-	1	0	2	2	-	-	-	-
<i>Liolaemus</i> cf. <i>polystictus</i>	0	14	17	17	-	-	-	-	10	9	29	5	-	-	-	-
<i>Liolaemus</i> cf. <i>williamsi</i>	2	8	0	5	-	-	-	-	7	6	0	12	8	10	-	-
<i>Liolaemus</i> cf. <i>melanogaster</i>	0	1	5	3	-	-	-	-	3	6	6	1	0	12	-	-
<i>Liolaemus</i> sp. gr. <i>signifer</i>	2	4	2	9	-	-	-	-	7	6	8	10	1	1	-	-
<b>Total</b>	11	66	41	79	13	41			80	65	114	88	49	50		

**TABLA 3.** Abundancia de *Liolaemus* y *Proctoporus* por tipo de vegetación. Periodos de muestreo: P1, junio–julio de 2010; P2, noviembre–diciembre de 2010; P3, abril–mayo de 2011. Tratamientos: I, impacto; C, control. Un asterisco (\*) denota la significancia de la prueba estadística. Un guion (–) indica que no se realizó la prueba estadística porque los datos eran escasos o no cumplían con las suposiciones requeridas por la prueba estadística.

Tipo de vegetación	Parcelas						Transectos EEV												Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$			
	P1			P2			P3			Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$	P1			P2			P3			Prueba de Wilcoxon (W)	$p_{0.05}$	
	I	C	I	C	I	C	I	C	I			I	C	I	C	I	C	I	C				
Bosque montano	1	20	10	20	7	31		2.5*	0.01	7	8	13	10	27	17		10.5		0.29				
Pajonal de puna en formación	0	13	0	17	0	17		–	–	15	15	22	37	–	–		–	–	–				
Pastizales de puna	10	33	31	42	8	21		10.5	0.26	58	42	79	41	24	20		14.5		0.62				
<b>Total</b>	11	66	41	79	15	69				80	65	114	88	51	37								

No se encontraron lagartijas en parcelas de impacto en el pajonal de puna en formación. Los resultados del segundo periodo de muestreo (noviembre–diciembre de 2010; Tabla 3) indican un incremento en la abundancia de lagartijas en las parcelas de impacto en la formación de bosque montano degradado (+900%) y en los pastizales de puna (+210%), pero no hubo evidencia de recolonización en las parcelas de impacto en el pajonal de puna en formación (cero individuos en las parcelas de impacto frente a 17 individuos en las parcelas de control).

Los datos de EEV por formación de vegetación para el primer muestreo (junio–julio de 2010; Tabla 3) sugieren que la abundancia de lagartijas en las áreas de impacto (bordes del DDV) son similares a los de las áreas control, pero con un mayor número de lagartijas en las áreas de impacto que en las áreas control en los pastizales de puna (58 y 42, respectivamente). Durante el segundo periodo de muestreo (noviembre–diciembre de 2010; Tabla 3), encontramos un mayor número de lagartijas en las zonas de impacto en el bosque montano degradado y en los pastizales de puna, y menor abundancia en las zonas de impacto en el pajonal de puna en formación que en las zonas de control. En general, las pruebas de Wilcoxon indican que las únicas diferencias significativas se encontraron entre las áreas de impacto y control que estaban en la formación del bosque montano, donde había una mayor abundancia de lagartijas en las parcelas control que en las parcelas de impacto ( $p < 0.05$ ; Tabla 3).

### Preferencias de Hábitat

Las lagartijas *Proctoporus* solo se encontraron en las ELU 1 y 2, correspondiente a las ecorregiones más

húmedas al este del gasoducto de PERU LNG. *Proctoporus* sp. 1 se limita a los hábitats más húmedos (el bosque montano y el pajonal de puna en formación) de la ELU 1, mientras que *Proctoporus* sp. 2 se encuentran principalmente en el pajonal de puna en formación, pero también en los pastizales de puna de la ELU 2. Los microhábitats óptimos para *Proctoporus* fueron arbustos bajos con algunos claros y con piedras abundantes de tamaño mediano (sitios importantes para refugio y reproducción). Otras especies de lagartijas fueron encontradas entre las raíces y el musgo.

Se encontró a *Liolaemus* en todas las ELU del área de estudio, excepto en la ELU 1. Los hábitats preferidos por las especies del subgénero *Eulaemus* son similares: pastizales de puna de las ELU 4–10 con piedras medianas a grandes, rocas y madrigueras en las rocas, pastos, y vegetación que sirven como refugios. *Liolaemus walkeri* es la especie más típica del pajonal de puna en formación, pero también se encuentra en pastizales húmedos de la puna; no se le encontró en las ELU más occidentales (9 y 10), que son también las más áridas.

## Discusión

### Diversidad y Taxonomía

La literatura sobre la taxonomía y ecología de lagartijas en los departamentos de Ayacucho y Huancavelica es casi inexistente ya que hay pocas colecciones de referencia disponibles o inventarios de estos departamentos. En un análisis altitudinal y geográfico de la herpetofauna de los Andes (que incluye los datos de composición por especies para dos localidades de Ayacucho), Duellman (1979) documentó solo cinco

especies de *Liolaemus* (tres del subgénero *Liolaemus* más *L. multiformis* y una “sp. A”) de la Cordillera de los Andes y los valles del Perú, junto con “*Ctenoblepharis stolzmanni*”, una especie cuya distribución se restringió recientemente a los desiertos de la costa cercana de Iquique (Chile) y que ya no debe ser considerada como un elemento de la fauna del Perú (Langstroth, 2011). Para el “Valle Mantaro-Apurímac”, Duellman (1979) incluyó tres especies de *Stenocercus*, lagartijas que remplazan a *Liolaemus* en elevaciones más bajas de los valles andinos del Departamento de Ayacucho<sup>2</sup>. Estudios realizados por el Programa de Evaluación y Monitoreo del Smithsonian (Alonso et al., 2001) en la Cordillera de Vilcabamba y en el Valle del Río Apurímac del Departamento de Cusco, del otro lado del río Ayacucho, no reportaron a *Liolaemus* pero sí a *Proctoporus* y *Euspondylus*.

La revisión de Uzzell (1970) de los *Proctoporus* peruanos y bolivianos reconoció cuatro especies, pero no incluyó ningún material de Ayacucho (especies de *Proctoporus* siguen sin ser documentadas en Huancavelica). La revisión de Kizirian (1996) de los *Proctoporus* ecuatorianos (ahora asignado al género *Riamá*) sí cuenta con material de Ayacucho, por lo que fueron asignados como *P. boliviensis*. Los comentarios sobre los *Euspondylus* y *Proctoporus* peruanos por Köhler y Lehr (2004) no mencionan el material de Ayacucho. La descripción más reciente de un *Proctoporus* peruano nuevo por Doan et al. (2005) tampoco incluyó material de Ayacucho. Las lagartijas registradas se asignaron en este estudio a *Proctoporus*, por la ausencia de escamas prefrontales diferenciadas y la presencia de solo una escama frontonasal entre las escamas frontal y nasal, la única característica que distingue este género en *Euspondylus*, pero que también es un carácter variable (Köhler y Lehr, 2004)<sup>3</sup>. Chávez et al. (2011) describe una nueva especie de *Euspondylus* de dos localidades aguas abajo de la estación de bombeo de Chiquintirca, un área alejada del área de influencia directa del gasoducto de PERU LNG. Esta nueva especie no ha sido documentada en el DDV del gasoducto de PERU LNG. Los lagartijas de *Proctoporus* que se encontraron en las ELU 1 y 2 no pueden ser asignadas a las especies descritas por Doan y Castoe (2003), ni Doan et al. (2005) ni a *P. pachyurus*, *P. guentheri* o *P. boliviensis*.

La taxonomía de los *Liolaemus* del Perú, en particular las especies del grupo “Argentino” (i.e., el subgénero *Eulaemus*), es muy provisional. La validez

de muchas de las especies descritas por Laurent (1982, 1992, 1998) necesita ser confirmada por estudios detallados de las variaciones geográficas de los caracteres morfométricos y merísticos utilizados en la definición de estas especies, así como por estudios moleculares. La validez de las especies “históricas” *L. signifer* (Duméril y Bibron, 1837), *L. multiformis* (Cope, 1875) y *L. annectens* (Boulenger, 1901) también sigue siendo incierta. Algunos autores recientes (e.g., Abdala et al., 2008) siguen reconociendo *L. signifer signifer* (a diferencia de *L. signifer annectens* de Arequipa) como un nombre válido para el material de Ayacucho. No es parte del alcance de este estudio realizar una revisión general de los *Liolaemus* del Perú y en áreas adyacentes, pero queremos resaltar la importancia de realizar estos estudios para incrementar el entendimiento en la diversidad y la evolución de uno de los grupos de vertebrados más importantes en los ecosistemas altoandinos del país.

### Impactos del Gasoducto en la Abundancia de Lagartijas

Se encontró un número menor de individuos de los géneros *Liolaemus* y *Proctoporus* en las parcelas de impacto (dentro del DDV) del gasoducto de PERU LNG; sin embargo, estos resultados solo fueron significativamente diferentes en el bosque montano. Se sabe que algunas especies de *Liolaemus* tienen preferencias por microhabitats con ciertos grados de cobertura vegetal, estando ausentes en donde la cobertura es demasiado escasa o poco densa (Huey et al., 1993; Kacoliris et al., 2009). Esta información sugiere que la restauración del DDV no presenta, en este momento, las características necesarias para proporcionar un hábitat adecuado para la recolonización de las lagartijas.

Por otro lado, algunas de las diferencias observadas podrían ser un artefacto de las metodologías de muestreo aplicadas (parcelas en comparación con transectos EEV), lo que sugiere una tendencia hacia una mayor abundancia de lagartijas (*Liolaemus* principalmente) en las zonas de impacto en pajonal de puna en formación y en los pastizales de puna, aunque los datos no fueron estadísticamente diferentes. La abundancia de *Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus walkeri* fue significativamente mayor en las áreas control que en las áreas de impacto para el método de parcelas. Estas mismas tendencias también se

observaron cuando se usó el método de EEV, pero la comparación no fue estadísticamente significativa.

Los datos de las parcelas y de los EEV no son directamente comparables dado que el método del EEV no se ha aplicado en el DDV, sino al lado del borde exterior del mismo que se vio afectado por la acumulación de rocas, restos de vegetación, y otros materiales extraídos del DDV durante la construcción del gasoducto.

La tendencia en los datos de abundancia de los transectos EEV parece indicar que la mayoría de las especies (excepto *Proctoporus* sp.1 y *Liolaemus* cf. *melanogaster*) fue más abundante cerca del DDV que en las áreas control, lo que sugiere que habría condiciones más favorables para las especies en esos puntos que dentro del DDV o en las áreas control. Los materiales acumulados en el borde a lo largo del DDV podrían proporcionar refugios importantes y otras condiciones propicias para las lagartijas.

El potencial efecto de la estacionalidad de la abundancia de lagartijas parece ser mayor durante el final de la primavera que en el invierno para ambas metodologías de muestreo, tratamiento y formación vegetal. Aunque el aumento general en el número de lagartijas en las áreas de impacto podría deberse a efectos estacionales, la presencia de *L. cf. polystictus* en las parcelas indica que hubo recolonización independiente de la estacionalidad; la abundancia de esta especie no varió en las áreas control (14 en el invierno y 17 a finales de la primavera), mientras que en las áreas de impacto la abundancia aumentó de 0 en el invierno a 17 a finales de primavera. Asimismo, la abundancia de *Proctoporus* sp. 1 no varió entre el invierno y la primavera en las áreas de control (26 en cada período), mientras que en las áreas de impacto varió de un individuo en invierno a 10 individuos a finales de la primavera, lo que sugiere un proceso de recolonización en las áreas de impacto.

En general, nuestro estudio indica que las lagartijas estuvieron presentes en hábitats con acumulaciones de rocas o piedras sueltas y con cobertura vegetal natural. A pesar de que la cobertura vegetal en el DDV se ha restaurado para ofrecer una protección rápida contra la erosión, la recuperación de la vegetación nativa es importante para el restablecimiento de las condiciones iniciales. En este sentido, PERU LNG, ha puesto en marcha un programa de biorrestauración con especies nativas (Linares-Palomino et al., este volumen) como parte del BMAP.

## Conclusiones

Aunque existe una notable diversidad en las morfoespecies de los géneros *Liolaemus* y *Proctoporus* en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG, las relaciones taxonómicas existentes para estos géneros no se pueden aplicar con claridad, con la excepción de *Liolaemus walkeri*. Todas las asignaciones de las otras especies en el área de estudio se aplican con un cierto grado de duda (cf.) debido a las limitaciones de las características de diagnóstico aplicadas en las descripciones de las especies o debido a que los individuos estudiados (designados como sp.) no corresponden a ninguna de las especies descritas a la fecha. La diversidad alfa fue baja en todos los sitios de muestreo, generalmente con una sola especie o, como mucho, dos. Nuestro estudio examina un corte transversal de los Andes húmedos al este a los Andes secos de la vertiente del Pacífico, sobre el cual hay una serie de sustituciones o pérdidas de morfoespecies del subgénero *Eulaemus*. Sin embargo, encontramos casos de sintopía entre *L. walkeri* y una especie de *Eulaemus* en las ELU 4 y 6 y *Proctoporus* sp. 2 en la ELU (Tabla 1). Estos resultados están, en general, de acuerdo con las observaciones de Cadle y Patton (1988) y Cadle (1991) en relación con las distribuciones parapátricas comunes entre especies filogenéticamente cercanas de anfibios y reptiles en los Andes peruanos. Las morfoespecies del subgénero *Eulaemus* en el área de estudio comúnmente ocupan distintos espacios geográficos, pero pueden coexistir con *L. walkeri* del subgénero *Liolaemus* (véase Lobo et al., 2010)<sup>4</sup>. Del mismo modo, *L. walkeri* vive en sintopía con *Proctoporus* sp. 2, y ambas pertenecen a ramas distantes en la historia evolutiva de las lagartijas.

Los datos obtenidos en este estudio sobre la abundancia de lagartijas en las parcelas dentro del DDV del gasoducto de PERU LNG parecen indicar una ausencia temporal de algunas especies, como se refleja en el primer período de muestreo, seguido por una tendencia hacia un aumento en algunas especies (*Proctoporus* sp. 1 y *Liolaemus* cf. *polystictus*). Los resultados de los transectos EEV sugieren que el efecto de la acumulación de rocas y otros materiales a lo largo del borde del DDV puede generar un beneficio para las lagartijas en términos de la disponibilidad de refugios y otros recursos en la proximidad al DDV. Nuestro estudio también sugiere que

las lagartijas son indicadores valiosos para el monitoreo ambiental de megaproyectos de infraestructura lineal, tales como tuberías de hidrocarburos, líneas de transmisión y carreteras, ya que son fáciles de encontrar y son sensibles a los impactos generados por estos proyectos.

## Notas

1. *Liolaemus multiformis* fue colocada en sinonimia con *L. signifer* por Laurent (1992), pero la identidad de *L. signifer* sigue siendo incierta, ya que la localidad tipo del holotipo se desconoce y no se le ha designado formalmente un lectotípico o neotípico. Además, el espécimen considerado como un redescubrimiento del holotipo de *L. signifer* por Cei et al. (1980) es más similar a uno de los sintipos de *L. annectens* que a los individuos de la población descrita como *L. multiformis*, pese a las conclusiones de Laurent (1992).
2. En el estudio ecológico de campo se encontró *Stenocercus* cf. *apurimacus* en el Valle del Río Torobamba (ELU 3); *S. frittsi* fue observado en las cercanías de la ciudad de Huamanga y se considera como probable para el Valle del Río Yucay y el Valle del Río Vinchos (ELU 5 y 7).
3. En el estudio ecológico de campo se encontró una lagartija que se designó como *Euspondylus* cerca de la ciudad de Huamanga, la cual es considerada como de ocurrencia probable para el Valle de Río Yucay (ELU 5).
4. *Liolaemus* cf. *polystictus* y *L.* cf. *melanogaster* fueron encontradas en el kp 209 del gasoducto (área 14, ELU 10).

## Referencias

- Abdala, C. S., A. S. Quinteros, y R. E. Espinoza. 2008. Two New Species of *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae) from the Puna of Northwestern Argentina. *Herpetológica*, 64(4):458–471. <http://dx.doi.org/10.1655/08-022R1.1>.
- Alonso, L., A. Alonso, T. Schulenberg, y F. Dallmeier, eds. 2001. *Biological and Social Assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. Rapid Assessment Program (RAP) Working Papers 12 y SI/MAB Series 6. Washington, D.C.: Conservation International.
- Boulenger, G. A. 1901. Further Descriptions of New Reptiles Collected by Mr. P. O. Simons in Peru and Bolivia. *Annals and Magazine of Natural History*, 42:546–549.
- Cadle, J. E. 1991. Systematics of Lizards of the Genus *Stenocercus* (Iguania: Tropiduridae) from Northern Peru: New Species and Comments on Relationships and Distribution Patterns. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 143:1–96.
- Cadle, J. E., y J. L. Patton. 1988. “Distribution Patterns of Some Amphibians, Reptiles, and Mammals of the Eastern Andean Slope of Southern Peru”. En *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*, ed. W. R. Heyer y P. E. Vanzolini, pp. 225–244. Río de Janeiro: Academia Brasileira de Ciencias.
- Cei, J. M., J. Lescure, y J. C. Ortiz. 1980. Rédecouverte de l'holotype de *Proctotretus signifer* Duméril et Bibron, 1837 (Reptilia, Iguanidae). *Bulletin Museum National d'Histoire Naturelle (Paris)*, Series 4, Section A, 3:919–925.
- Chávez, G., K. Siu-Ting, V. Duran, y P. J. Venegas. 2011. Two New Species of Andean Gymnophthalmid Lizards of the Genus *Euspondylus* (Reptilia, Squamata) from Central and Southern Peru. *ZooKeys*, 109:1–17. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.109.1304>.
- Cope, E. D. 1876. Report on the Reptiles Brought by Professor James Orton from the Middle and Upper Amazon and Western Peru. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 8:159–183.
- Crump, M. L., y N. J. Scott. 1994. “Visual Encounter Survey”. En *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*, ed. W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek, y M. S. Foster, pp. 84–92. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Davis, D. E., y R. L. Winstead. 1980. “Estimating the Numbers of Wildlife Populations”. En *Wildlife Management Techniques Manual*, 4th ed., ed. S. D. Schemnitz, pp. 221–245. Washington, D.C.: The Wildlife Society.
- Doan, T. M., y T. A. Castoe. 2003. Using Morphological and Molecular Evidence to Infer Species Boundaries within *Proctoporus boliviensis* Werner (Squamata: Gymnophthalmidae). *Herpetológica*, 59(3):432–449. <http://dx.doi.org/10.1655/03-09>.
- Doan, T. M., T. A. Castoe, y W. Arizábal Arriaga. 2005. Phylogenetic Relationships of the Genus *Proctoporus* Sensu Stricto (Squamata: Gymnophthalmidae), with a New Species from Puno, Southeastern Peru. *Herpetológica*, 61(3):325–336. <http://dx.doi.org/10.1655/04-81.1>.
- Domus Consultoría Ambiental. 2007. Ecological field survey for the PERU LNG pipeline. PTO6028, Lima, Perú: PERU LNG.
- Duellman, W. E. 1979. “The Herpetofauna of the Andes: Patterns of Distribution, Origin, Differentiation, and Present Communities”. En *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal*, ed. W. E. Duellman, pp. 371–459. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, 7. Lawrence, Kans.: University of Kansas.

- Duméril, A. M. C., y G. Bibron. 1837. *Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complète des Reptiles*. Vol. 4. Paris: Librairie Encyclopédique de Roret. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.45973>.
- Huey, R. B., E. R Pianka, y T. W. Schoener. 1983. *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Jones, K. B. 1986. "Amphibians and Reptiles". En *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*, ed. A. Y. Cooperider, R. J. Boyd, y H. R. Stuart, pp. 267–290. Denver, Colo.: U.S. Bureau of Land Management.
- Kacoliris, F. P., C. E. Celsi, y A. L. Monserrat. 2009. Micro-habitat Use by the Sand Dune Lizard *Liolaemus multimaculatus* in a Pampean Coastal Area in Argentina. *Herpetological Journal*, 19:61–67.
- Kizirian, D. A. 1996. A Review of Ecuadorian *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) with Descriptions of Nine New Species. *Herpetological Monographs*, 10:85–155. <http://dx.doi.org/10.2307/1466981>.
- Köhler, G., y E. Lehr. 2004. Comments on *Euspondylus* and *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) from Peru, with the Description of Three New Species and a Key to the Peruvian Species. *Herpetológica*, 60(4):501–518. <http://dx.doi.org/10.1655/03-93>.
- Langstroth, P. R. 2011. On the Species Identities of a Complex *Liolaemus* Fauna from the Altiplano and Atacama Desert: Insights on *Liolaemus stolzmanni*, *L. reichei*, *L. jamesi pachecoi*, and *L. poconchilensis* (Squamata: Liolaemidae). Zootaxa, 2809:20–32.
- Lannoo, M. J. 1998. The Decline in Amphibian Populations. *National Wetlands Newsletter*, 20(1):14–17.
- Laurent, R. F. 1982. Description de trois espèces nouvelles du genre *Liolaemus* (Sauria, Iguanidae). *Spixiana*, 5(2):139–147.
- . 1990. Una especie apartada del género *Liolaemus* Wiegmann (Iguanidae, Lacertilia). *Acta Zoológica Lilloana*, 39(2):79–84.
- . 1992. On Some Overlooked Species of the Genus *Liolaemus* Wiegmann (Reptilia Tropiduridae) from Peru. *Breviora*, 494:1–33.
- . 1998. New Forms of lizards Belonging to the Subgenus *Eulaemus* of the Genus *Liolaemus* (Reptilia: Squamata: Tropiduridae) from Perú and Northern Chile. *Acta Zoológica Lilloana*, 44(1):1–26.
- Lobo, F., R. E. Espinoza, y S. Quinteros. 2010. A Critical Review and Systematic Discussion of Recent Classification Proposals for Liolaemid Lizards. *Zootaxa*, 2549:1–30.
- Lobo, F., S. Quinteros, y J. M. Díaz Gómez. 2007. Description of a New Species of the *Liolaemus alticolor* Group (Iguania: Liolaemidae) from Cuzco, Peru. *Herpetológica*, 63(4):537–543. [http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831\(2007\)63\[537:DOANSO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1655/0018-0831(2007)63[537:DOANSO]2.0.CO;2).
- Manzanilla, J., y J. E. Péfaur. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 7(1-2):17–3.
- Pianka, E. R. 1986. *Ecology and Natural History of Desert Lizards*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Sélem-Salas, C. I., M. C. MacSwiney González, y S. Hernández-Betancourt. 2011. "Aves y mamíferos". En *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*, ed. F. Bautista-Zúñiga, E. Carmona, y Andy R. Páez, pp. 351–387. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental.
- Sinsch, U. 1986. Amfibios de la sierra central del Perú. Una clave de identificación para adultos y larva. *Boletín de Lima*, 45:23–33.
- Smolensky, N. L., y L. A. Fitzgerald. 2011. Population Variation in Dune-Dwelling Lizards in Response to Patch Size, Patch Quality, and Oil and Gas Development. *The Southwestern Naturalist*, 56(3):315–324. <http://dx.doi.org/10.1894/F03-MLK-21.1>.
- Tschudi, J. J. Von. 1845. Reptilium conspectus quae in Republica Peruana reperiuntur et pleraque vel collecta sunt in itinere. *Archiv für Naturgeschichte*, 11:150–170.
- Uzzell, T. M. 1970. Teiid Lizards of the Genus *Proctoporus* from Bolivia and Peru. *Postilla*, 142:1–39.
- Vega, L., P. Vellagamba, y L. Fitzgerald. 2000. Long-Term Effects of Anthropogenic Habitat Disturbance on a Lizard Assemblage Inhabiting Coastal Dunes of Argentina. *Canadian Journal of Zoology*, 78:1–8. <http://dx.doi.org/10.1139/z00-095>.
- Walsh Peru. 2005. Estudio de impacto ambiental y social del proyecto de transporte de gas natural por ducto de Ayacucho a la planta de licuefacción. Project No. PET-1239. Lima, Perú: PERU LNG.
- Wiegmann, A. F. A. 1835. Beiträge zur Zoologie gesammelt auf einer Reise um die Erde von Dr. F. J. F. Meyen. Siebente Abhandlung. Amphibien. *Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Caroliniae*, 17:185–268.

## Apéndice 1: Descripción de las Morfoespecies de *Proctoporus* y *Liolaemus*

### Especies de *Proctoporus*

*Proctoporus* sp. 1 (Lámina 15, A). Morfológicamente, las especies descritas del género se pueden distinguir por la escamación de la cabeza y los patrones de coloración. La especie *Proctoporus* sp. 1 se encontró en la ELU 1, entre los kp 1 y 7 del gasoducto de PERU LNG. La coloración dorsal es marrón verde oliva, con una banda de seis escamas de ancho en el cuello y de 12 escamas en medio del cuerpo, bordeada por una línea más oscura. Siete a 16 ocelos se encuentran en los flancos, formados por una mancha de color crema con una oscura frontera marrón, bien visibles en los machos. El vientre, incluyendo la parte inferior de la cola, es con pigmentación gris oscuro plomo en el centro y de color naranja-rojo en los bordes exteriores.

*Proctoporus* sp. 2 (Lámina 15, B). Esta forma se ha encontrado entre los kp 23 y 26. Es similar a *Proctoporus* sp. 1, pero tiene diferencias en la coloración, medidas y escamación que también sugieren que es una especie no descrita. El color general del cuerpo es marrón verde oliva con tonos más claros en el vientre. La parte inferior de la cola de los adultos tiene una menor intensidad de la coloración naranja-rojo que *Proctoporus* sp. 1.

### Especies de *Liolaemus*

*Liolaemus walkeri* (Lámina 15, C). Esta es una especie abundante del subgénero *Liolaemus*, endémica de Perú y ampliamente distribuida en los pastizales de puna y en el pajonal de puna en formación. En el área de estudio, se registró entre los kp 24 y 102, en las ELU 2–4 y 6. Su localidad tipo es Lloclapampa, Junín, unos 215 km al noroeste de la ciudad de Huamanga (Ayacucho). A pesar de que tiene un tamaño y color variable, el patrón de coloración persiste en todas las zonas, con una línea fina vertebral de color negro de una escama de ancho, dos bandas paravertebrales brillosas de color beige y dos líneas dorso-laterales blanquecinas difusas. *Liolaemus walkeri* se puede encontrar en sintopía con especies del subgénero *Eulaemus*.

*Liolaemus* sp. 1 (Lámina 15, D). Este miembro del subgénero *Eulaemus* se encuentra cerca del kp 53, en la ELU 4, y tiene una coloración amarillenta en el dorso y los flancos. El color ventral varía de

blanquecino a un amarillo intenso en los machos, mientras que en las otras especies en el área de estudio el vientre es nacarado o melánico. Esta morfoespecie difiere de las otras especies descritas de Ayacucho o potencialmente distribuidas en este departamento; sin embargo, con solo siete ejemplares, hay poca certeza sobre su estatus taxonómico.

*Liolaemus* cf. *williamsi* (Lámina 15, E). Se encuentra entre los kp 83 y 102, en la ELU 6. Las lagartijas asignadas a esta especie tienen una coloración dorsal variable, con tonos que van del marrón oscuro al marrón gris con tonos rojizos. El vientre es blanco, aunque puede presentar pequeñas manchas grises dentro de las escamas. La localidad tipo de *L. williamsi* es Pampa Galeras, entre Nazca (Departamento de Ica) y Puquio, (Departamento de Ayacucho), unos 150 km al sur de la zona de estudio, en los altos valles de la vertiente del Pacífico (Laurent, 1992).

*Liolaemus* cf. *polystictus* (Lámina 15, F). Esta especie se encuentra en el kp 190 hasta el 209, en las ELU 9 y 10. *Liolaemus* cf. *polystictus* tiene un marcado dimorfismo sexual ya que los machos son grandes, con una cabeza oscura y cuerpo completamente gris. Las hembras son de tamaño pequeño con patrones reticulares dorsales grises con tonos anaranjados y vientre nacarado. La localidad tipo de *L. polystictus* es Santa Inés, Huancavelica (Laurent, 1998), que se encuentra aproximadamente a 18 km al noroeste de la comunidad de Pilpichaca, cerca de la divisoria entre las ELU 9 y 10.

*Liolaemus* cf. *melanogaster* (Lámina 15, G). Esta especie se distribuye cerca al kp 209 en la ELU 10 y presenta dorso y vientre de color gris oscuro que da lugar a su etimología y cabeza aún más oscura. Las hembras son similares en color a las de *L. polystictus*, pero de mayor tamaño. A pesar de que la localidad tipo de *L. melanogaster* está a 45 km al este de Puquio, (Ayacucho), aproximadamente a 160 km al sur de la zona de estudio, uno de los ejemplares asignados a esta especie por Laurent (1998) es de Abra Apacheta Grande (Ayacucho), a lo largo de la carretera Libertadores, cerca de la ELU 8.

*Liolaemus* sp. 2 (Lámina 15, H). Esta especie se encuentra en la parte superior de la vertiente del Pacífico (ELU 10), cerca del kp 213. *Liolaemus* sp. 2 es de tamaño mediano y presenta coloración gris claro con tonos anaranjados, con escamas dispersas

de color azul claro en el dorso en el caso de los machos. Las hembras tienen un tamaño similar al de los machos, pero presentan un patrón reticular dorsal. Ambos sexos tienen el vientre de color blanco perla. *Liolaemus* sp. 2 se puede distinguir de todas las especies peruanas descritas por Laurent, así como las especies históricas (*L. signifer*, *L. multicolor* y *L. annectens*). La presencia de escamas de color azul en

los machos es una característica compartida con *L. etheridgei*, especie de los alrededores de la ciudad de Arequipa y otras especies de la vertiente del Pacífico, y difiere de los *Eulaemus* de la vertiente oriental de los Andes peruanos.

## **Apéndice 2: Clave para las Lagartijas Encontradas en el Gasoducto de PERU LNG**

1. Cabeza y cuerpo con escamas granulares, dígitos con lamela expandida terminal [Lámina 15-K] ..... *Phyllodactylus gerrhopygus*
- 1'. Las escamas de la cabeza son tipo placa, cuerpo con escamas no granulares, dígitos distantemente cilíndricos ..... 2
2. Miembros delanteros y posteriores reducidos, machos con poros femorales ..... 3
- 2'. Miembros delanteros y posteriores normales, machos sin poros femorales ..... 4
3. Machos con el vientre gris oscuro o negro, lados naranja-rojo; se encuentra en el bosque montano y en el pajonal de puna en formación en el área de Chiquintirca [Lámina 15-A] ..... *Proctoporus* sp. 1
- 3'. Machos con vientre olivo verde, lados color olivo; se encuentra en el pajonal de puna en formación y en los pastizales de puna en el área Cochas [Lámina 15-B] ..... *Proctoporus* sp. 2
4. Escama occipital larga (más grande que 1/5 del ancho de la cabeza) ..... 5
- 4'. Escama occipital reducida o menor a 1/5 del ancho de la cabeza ..... 6
5. Manchas gulares difusas o continuas formando un patrón en forma de V; se encuentra en valles, colinas, y desiertos con cactáceas [Lámina 15-J] ..... *Microlophus tigris*
- 5'. Sin manchas gulares, el anillo palpebral de color naranja; se encuentra en las zonas costeras bajas [Lámina 15-I] ..... *Microlophus theresiae*
6. Escamas del cuerpo pequeñas, vientre blanco; se encuentra en desiertos por debajo de los 800 m sobre el nivel del mar (msnm) [Lámina 15-L] ..... *Ctenoblepharys adspersa*
- 6'. Escamas del cuerpo de tamaño mediano, vientre de color variable; se encuentra en los Andes, arriba de los 2,000 msnm ..... 7
7. Con líneas paravertebrales y dorsolaterales conspicuas de color gris marrón, con una línea negra vertebral completa o fragmentada, tamaño del cuerpo pequeño o mediano, escamas dorsales regularmente quilladas, y de complejión delgada e imbricada [Lámina 15-C] ..... *Liolaemus walkeri*
- 7'. Sin líneas dorsolaterales conspicuas ni trazas de una línea vertebral, escamas dorsales variables, complejión robusta ..... 8
8. Patrón dorsal con manchas marrón y gris, o marrón pálido o amarillento de fondo; los machos con escamas azules en el dorso. Habita en las tierras altas de la vertiente del Pacífico, en Huancavelica [Lámina 15-H] ..... *Liolaemus* sp. 2
- 8'. No como arriba ..... 9
9. Los machos con los flancos y el vientre amarillo marcado, las hembras grandes con un patrón dorsal con manchas irregulares dispersas en un fondo de color oliva grisáceo o amarillento; habita en la ELU 4 [Lámina 15-D] ..... *Liolaemus* sp. 1
- 9'. No como arriba ..... 10
10. Machos adultos con el vientre negro o gris oscuro, escamas de la cabeza más oscuras [Lámina 15-G] ..... *Liolaemus cf. melanogaster*

- 10'. Machos adultos con vientre blanco grisáceo, escamas de la cabeza de color gris o del mismo color que el cuerpo ..... 11
11. Escamas dorsales grises con manchas claras pequeñas, machos grises; hembras más pequeñas, marrón claro con marcas dorsales más oscuras [Lámima 15-F] ..... *Liolaemus cf. polystictus*
- 11'. Escamas dorsales de color marrón o gris sin manchas claras; hembras como arriba; se encuentran en el área de Huaytará [Lámima 15-E] ..... *Liolaemus cf. williamsi*

Otras especies documentadas en estudios previos pero que no se encontraron en el presente incluyen *Dicrodon heterolepis*, *Euspondylus* sp., *Microlophus thoracicus icae*, *Stenocercus* cf. *apurimacus* y *Stenocercus frittsi*.