

přírodovědecký časopis

vesmír

11

2004

ročník 83 (134) • první číslo vyšlo roku 1871

cena 84 Kč (pro předplatitele 61 Kč)

**GENETICKY
MODIFIKOVANÉ
ORGANIZMY**

**BOHUSLAV
MARTINŮ**

SALARES

Solné pouště Bolívie



Solné pouště Bolívie

TOMÁŠ GRIM
RADIM ŠUMBERA

Na Marsu, nebo na Zemi?

Celková plocha Salar de Uyuni je přes 12 000 km². Solná placka o rozměrech 90 × 180 km dosahuje na některých místech tloušťky až několika desítek metrů. Po krátkých deštích vytváří vysychající sůl na rozmočených pláních geometrické vzory připomínající včelí plástve. Sůl se tu dodnes těží pouze ručně. Zásoby soli jsou odhadovány až na 19 miliard tun a vzhledem k tomu, že nejproduktivnější vesnice Colchani vytěží za rok necelých 20 000 tun soli, mají i další generace obyvatel *salares* o práci postaráno. Přestože technika nahradila tradiční způsob přepravy, ze *salares* stále směřují lamí karavany se solnými bloky do nížin, kde indiáni směňují slaný náklad za rýži, dřevo a koku.

Snímek © Radim Šumbera

Surrealistická, fantasmagorická, halucinogenní, nadpozemská – takovými přívlastky bývá často označována krajina solných pouští na pomezí Bolívie, Chile a Argentiny. Největší solná poušť na světě – Salar de Uyuni – a několik dalších slaných pustin (např. *salares* Coipasa, Chalviri, Atacama, Arizaro) se nacházejí na místě bývalých vnitrozemských jezer Lago Minchín a následně Lago Tauca, které se rozlévalo po jihozápadní Bolívii ještě před 10 000 lety. Jeho dnešními pozůstatky jsou Lago Poopó, Lago Uru Uru nedaleko hornického města Oruro (proslaveného pitoreskní fiestou La Diablada) a několik zmíněných slaných pouští.

Sci-fi krajina...

Solné pouště leží na bolívijském Altiplanu – „náhorní rovině“. Ze západu jsou sevřeny pohorím Cordillera Occidental, z východu nikoli pohorím Cordillera Oriental, jak by se dalo očekávat (to leží dále severovýchodněji), ale masivem Cordillera de las Chichas. Koncem druhohor byla oblast dnešního Altiplanu širokým a hlubokým údolím mezi strmými štíty vysokých hor. Jejich postupná eroze naplnila údolí vrstvou sedimentu silnou několik kilometrů a vytvořila základ pro náhorní plošinu.

Geomorfologická pestrost oblasti *salares* je výjimečná. V sousedství písčitých, kamenitých a slaných pouští, které se po dešti mění v obrovská vodní zrcadla, najdeme vývěry bahenních plynů a fumaroly na lokalitě Sol de Mañana (Ranní slunce), skalní útvary vypreparované větrem – Rocas de Salvator Dalí (Skály Salvatora Dalího) a Arbol de Piedra (Kamenný strom) – či termální prameny Termas de Chalviri.

Část unikátního území *salares* je od roku 1973 chráněna jako Reserva Nacional de Fauna Andina „Eduardo Avaroa“ (Národní přírodní rezervace andské fauny generála Eduarda Avaroy). V roce 1981 byla rezervace rozšířena na dnešní plochu 7147 km², na níž žije necelých 700 obyvatel. Celé území se nachází v departamentu Potosí, jehož stejnojmenné hlavní město je často považováno za nejvýše položené město na světě (4070 m n. m.). Prvotním důvodem k založení rezervace byla potřeba chránit tři druhy plameňáků, nandu menšího, lamy a další vzácné organizmy.

...a sci-fi životní podmínky

Extrémní není jen zmíněná geomorfologická pestrost oblasti, ale i její klima. V bolívijských „slaniskách“ je průměrná roční teplota 2,3 °C, denní rozdíly ovšem mohou dosahovat až 50 °C. Zimní měsíce (květen až srpen) jsou suché, letní (prosinec až duben) vlhčí; ročně naprší pouhých 65 mm srážek.

Převládajícím biotopem je *puna*, čili horská „tundra“ ohraničená nejvyšší hranicí lesa a nejnižší oblastí s trvalou sněhovou ...s. 624

RNDr. Tomáš Grim, Ph.D., (*1973) vystudoval Přírodovědeckou fakultu MU v Brně. Na katedře zoologie Univerzity Palackého v Olomouci se zabývá etologií hnízdního parazitizmu.

Mgr. Radim Šumbera, Ph.D., (*1971) vystudoval Biologickou fakultu Jihočeské univerzity. Na téže fakultě se zabývá biologií drobných savců.

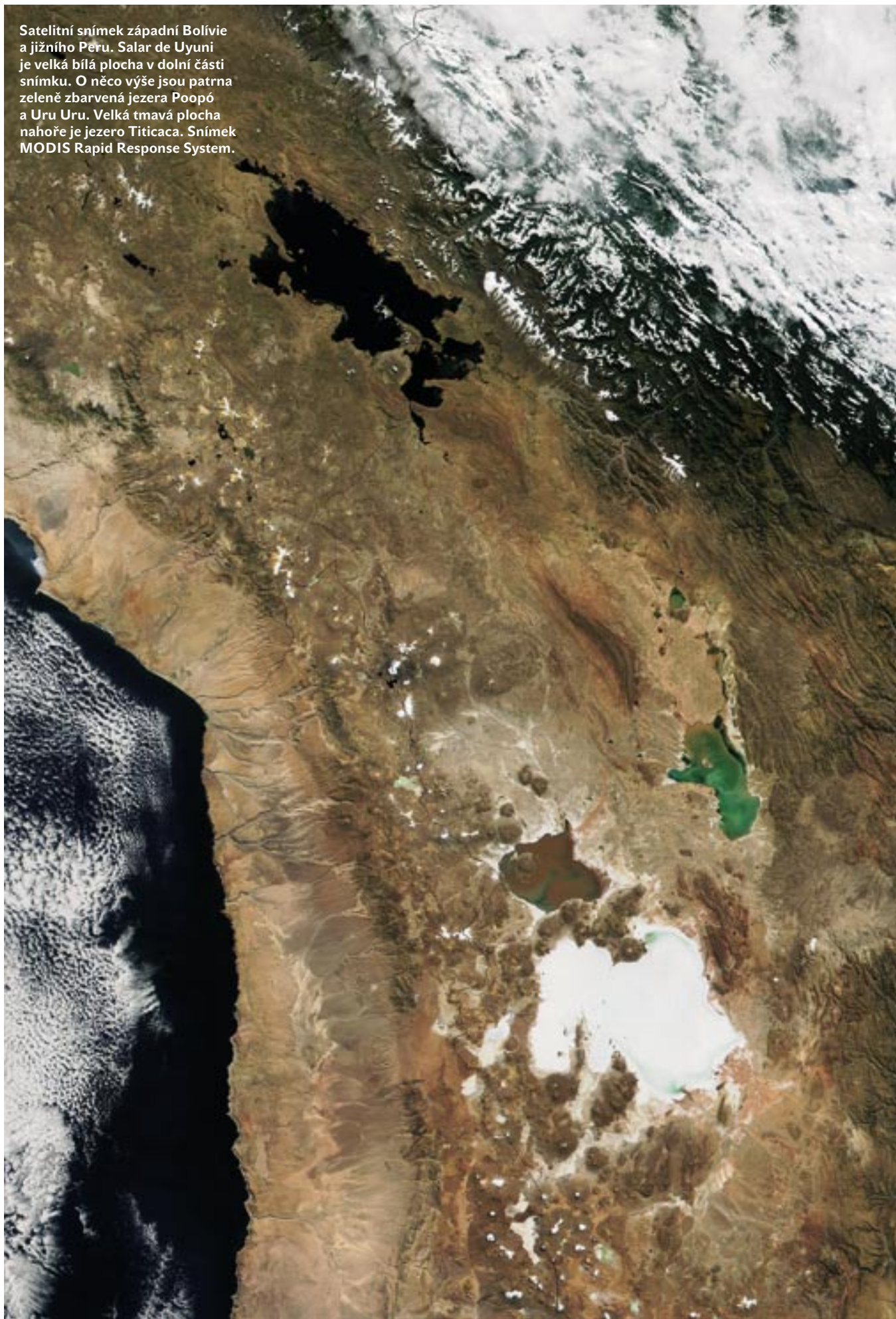


Nahoře: Mezi běžné pěvce patří dijuka rezavohřbetá (*Phrygilus dorsalis*) a řada dalších druhů téhož rodu. Mimo jiné se živí „kradením“ nektaru z ornitofilních rostlin, aniž by je opylovali (třeba jako kolibříci). Snímek © Tomáš Grim
Uprostřed: Datla velehorského (*Colaptes rupicola*) lze spatřit až do výšky 5000 m n. m. Hnízdí ve skalních škvírách a zdech opuštěných domů, ale může také vytesat dutinu v kmeni polylepisu. Potravu sbírá na zemi, často např. larvy v bažinatých místech. Snímek © Tomáš Grim

Dole: Je poměrně pravděpodobné, že tento jedinec leguána rodu *Liolaemus* zastížený v nadmořské výšce 4700 m patří k druhu, který doposud nebyl vědecky popsán. Snímek © Radim Šumbera



Satelitní snímek západní Bolívie a jižního Peru. Salar de Uyuni je velká bílá plocha v dolní části snímku. O něco výše jsou patrna zeleně zbarvená jezera Poopó a Uru Uru. Velká tmavá plocha nahoře je jezero Titicaca. Snímek MODIS Rapid Response System.





Nahoře: Ostrov Isla de los Pescadores je poset různými druhy kaktusů, jimž dominuje rod *Trichocereus*. Nejvyšší exempláře dorůstají i dvanácti metrů. Snímek © Radim Šumbera

Dole: Nastupující večer zbarvuje „červené jezero“ – Laguna Colorado – sytými barvami. Mělké jezero (maximální hloubka 80cm) o ploše 60 km² je nejdůležitějším hnízdištěm plameňáků na Altí-

planu. Červené zbarvení získalo charakteristickou barvu od zelené řasy *Dunaliella salina*. Tady i na dalších altiplanských jezerech můžeme pozorovat plameňáka chilského (*Phoenicopterus chilensis*), největšího plameňáka andského (*Phoenicoparrus andinus*) a nejmenšího a nejzácnějšího plameňáka Jamesova (*Phoenicoparrus jamesi*). Domorodci je označují kouzelnými jmény *Tokoko*, *Chururu* a *Jututu*. Snímek © Radim Šumbera





pokryvkou. V severních oblastech Jižní Ameriky (ve Venezuele, Kolumbii, Ekvádoru) se podobný biotop jmenuje *páramos*, je však vlhčí a méně mrazivý než jižnější *puna* (v Peru, Bolívii, na severu Argentiny a v Chile), kde roční srážky nepřesahují 400 mm. V obou případech jde o velmi chudou křovinatou či bylinnou vegetaci, většinou trsovitého charakteru, jen kolem potoků či ve vlhčích roklích se udržují zakrslé stromy rodu *Polylepsis* (lidově označované jako *queñua*) z čeledi růžovitých (Rosaceae). Přibližně dvě desítky druhů rodu se vyskytují pouze ve středních a vyšších polohách And. Protože je to jediná původní dřevina v extrémních nadmořských výškách, stala se mimořádně významným zdrojem palivového i stavebního dříví pro místní obyvatelstvo. Z původní rozlohy přirozeně monokulturních polylepisových lesů zůstává zachována jen desetina. Je útočištěm nejen pro hospodářská zvířata, ale i pro některé z nejvzácnějších jihoamerických ptáků, např. tyrančíka velehorského (*Anairetes alpinus*) nebo kriticky ohroženého hrnčířika skorcovce aricomského (*Cinclodes aricomae*), jehož populace nepřesahuje 100–150 jedinců. *Polylepsis* je nejvýše se vyskytující krytosemennou dřevinou na světě, navíc je porost druhů *Polylepsis tarapacana* a *P. tomentella* v nadmořské výšce 5100 m na sopce Sajama¹ v západní Bolívii nejvýše položeným lesem na zemi vůbec.

Puně dominují suché stepní porosty trav rodů *Calamagrostis*,² *Festuca*³ a *Stipa*.⁴ Ve výšce nad 4000 m tvoří na podmáčených místech (tzv. *bofedales*) a terénních depresích některé rostliny typickou polštářkovitou vegetaci, jež je adaptací na mráz a vítr. Jsou to např. druhy *Distichia muscoides*,⁵ *Oxychloe andina*⁵ nebo *Plantago rigida*,⁶ v sušších oblastech pak i bizarní *Azorella compacta*, která na první pohled vypadá jako obrovský koberec mechu (viz Vesmír 80, 95, 2001/2), patří však do čeledi miříkovitých (Apiaceae). Tato ne zcela typická mrkev může vytvářet několikametrové koberce velice tvrdé zelené hmoty, kterou indiáni štípají sekerou a používají jako palivo.

V sušších písčitých oblastech rostou pouštní rostliny *Lampaya* sp.,⁷ křovitá *Parastrephila lepidophylla*¹¹) či kostřava *Festuca orthophylla*. Vegetace v okolí slaných jezer je adaptována na

Oba horní snímky: V oblasti slaných pouští jižní Bolívie lze spatřit jezera snad všech možných barev – zelená (Laguna Verde), žlutá (Laguna Amarilla), bílá (Laguna Blanca), sytě modrá (Laguna Celeste)... Za jejich zvláštní barvy mohou vyluhované minerály, což je v případě Zelené laguny (na snímku vpravo nahoře) směs olovnatých, arzenitých, vápenatých a siričných sloučenin. Odhaduje se, že *salares* skrývají největší zásoby lithia na Zemi. Snímky © Tomáš Grim
Dole: Po savanovém vlku hřivnatém je pes horský (*Pseudalopex culpaeus*) druhou největší psovitou šelmou Jižní Ameriky. Při nízkých populačních hustotách drobných hlodavců vyhledává plody rostlin, které se při nedostatku masité kořisti mohou stát i dominantní složkou jeho potravy. Snímek © Radim Šumbera

Vpravo dole: Činčila ušatá (*Lagidium viscacia*) využívá skalnatá a kamenitá místa především jako úkryty proti predátorům. V noci se od nich vzdaluje a chodí se pást na otevřenější plochy. Snímek © Radim Šumbera

vysoké koncentrace solí a tvoří bohatá halo-fytní společenstva (např. *Anthobryum* sp.,⁸ *Distichlis humilis*,⁹ *Salicornia pulvinata*¹⁰ nebo starček *Senecio pampae*¹¹).

Švindlující strnadi a pracovité lysky

Nejnápadnějšími a nejpočetnějšími živočichy jsou samozřejmě ptáci. Ornitofauna je sice druhově velice chudá, ale nepochybně zajímavá. Mezi typické zástupce lze počítat tinamy rodů *Nothoprocta* a *Nothura*, písčáky (Thinocoridae) či holoubky rodu *Metriopelia*.

Pro laika je nejatraktivnějším druhem kondor andský (*Vultur gryphus*), ovšem šance vidět tohoto plachého opeřence není příliš velká. Největším ptačím obyvatelem *salares* je nandu menší (*Pterocnemia pennata*), dříve označovaný jako nandu Darwinův. Ten vytváří dvě oddělené populace, jednu v křovinatých stepích Patagonie, druhou právě na Altiplanu. Někteří autoři ji považují za samostatný druh (*P. garleppi*).

Do neskutečné krajiny dobře zapadá i bizarní lyska rohatá (*Fulica cornuta*), která pravděpodobně vymírá. Někdy si staví hnízdo na ostrůvku z kamenů, který si sama dále od břehu navrší. Celá stavba váží až 1,5 tuny! Příbuzná lyska velká (*Fulica gigantea*), která dorůstá velikostí naší kachny divoké, si staví jedno z největších hnízd v ptačí říši – plovoucí vor z rostlinného materiálu o průměru až 3 m. Používá jej k hnízdění i více let po sobě.

Do extrémních nadmořských výšek vystupují i nejpobulárnější američtí ptáčkové – kolibříci. Všichni tvorové v Andách čelí nízkým teplotám, ale u kolibříků je vzhledem k miniaturní velikosti těla problém s termoregulací obzvláště významný. Proto např. výškový extrémista kolibřík fráčkový (*Oreotrochilus estella*) v zimě sestupuje z výšky až 5000 m n. m. do „pouhých“ 2500 m. Některé druhy také upadají do strnulosti (torporu) v souvislosti s denními změnami teplot nebo po bouřích. Aby zabránili tepelným ztrátám, nevíří někteří kolibříci při sběru potravy ve vzduchu, ale sedí přímo na své „živné“ rostlině. V extrémních výškách se vyskytuje i největší ze všech kolibříků, olbřímý kolibřík velký (*Patagona gigas*), jenž dosahuje délky těla přes 20 cm.

Nejpočetnější jsou zde (jako skoro všude jinde) zástupci pěvců. Biogeograficky zajímavou skupinou jsou „zemní tyraní“ – tyranovci rodu *Muscisaxicola*. Jejich výškově členité rozšíření je důsledkem zalednění i tektonických a sopečných procesů v extrémních vysokohorských podmínkách And. Tyranovci rodu *Muscisaxicola* jsou v rámci čeledi tyranovitých (Tyrannidae) výjimeční tím, že žijí převážně na zemi (připomínají naše bělořity), a čistě šedým zbarvením (jednotlivé druhy se od sebe prakticky liší jen zbarvením hlavy).

Nepřehlédnutelní jsou i většinou pěkně zelenožlutě zbarvení strnadi rodu *Sicalis*. Právě strnad šafránka zelenavá (*Sicalis olivascens*) byl zjištěn i v pravděpodobně nejvýše položeném společenstvu na Zemi – u geotermálních pra-



1) Volcán Sajama je se svými 6542 m nejvyšším bolivijským vrcholem.

2) třtina, 3) kostřava, 4) kavyl, 5) sítinovitě (Juncaceae), 6) jitrocelovitě (Plantaginaceae), 7) čeled Verbenaceae, 8) čeled Frankeniaceae, 9) lipnicovitě (Poaceae), 10) merlíkovitě (Chenopodiaceae), 11) hvězdicovitě (Asteraceae).



Cementerio de Trenes (hřbitov vlaků) je jednou z atrakcí pro návštěvníky vyrážející na tradiční tříapůldenní okruh po salares. Na dvou kolejích za městečkem Uyuni (3665 m n. m.) se pomalu rozpadají desítky lokomotiv a vagonů, které už neměly kam dál pokračovat v cestě. Snímek © Tomáš Grim

menů na sopce Socompa v severním Chile ve výšce přes 6000 m n. m.

K zástupcům plazů zde však nepatří jen ptáci, ale např. také dva nově objevené druhy rodu *Liolaemus*¹² popsané ze severní Argentiny v roce 2003, které byly nalezeny i v rezervaci Eduarda Avaroy. Rod *Liolaemus* je velkou skupinou leguánovitých plazů asi se 150 druhy. Vyskytují se v řadě lesních i otevřených biotopů od nížin až do neuvěřitelných 5000 m n. m.

V puně dokonce nalezneme i endemickou žábu *Telmatobius huayra*,¹³ která je k vysokohorským podmínkám přizpůsobena specifickou úpravou hemoglobinových molekul. Její příbuzná z jezera Titicaca *T. culeus* má kožní lemy zvětšující povrch těla natolik, že díky kožnímu dýchání se už ani nemusí z vody vypořádat.

Křečci pijící slanou vodu a promiskuitní morčata

Nejviditelnějšími a zároveň největšími savci jsou domestikované lamy vyskytující se všude kolem lidských sídel, především lama krotká (*Lama glama*) a v menší míře i alpaka (*Lama pacos*). Salares a okolí bylo jedno z posledních míst, kde byla v Bolívii ještě k vidění guanako (*Lama guanicoe*). Poměrně snadno se zde dá vidět i nejvzácnější jihoamerická vikuňa (*Vicugna vicugna*). Rostoucí počty tohoto nejmenšího jihoamerického velblouda v chráněných oblastech jsou zřetelným ochranným úspěchem posledních desetiletí. Dlouho se předpokládalo, že předkem obou domestikovaných forem byla guanako, poslední molekulární analýzy však ukazují, že alpaka pochází z vikuně a byla v peruánských Andách domestikována minimálně před 6000 lety.

Po ústupu pumy z celého Altiplana jsou šelmy zastoupeny drobnějšími formami, např. psem horským (*Pseudalopex culpaeus*) nebo velmi vzácnou kočkou horskou (*Oreailurus jacobita*). Jejich hlavní potravou jsou menší hlodavci, většinou z podčeledi amerických křečků, například rod *Akodon*. V potravě některých křečků tohoto rodu bylo nalezeno až 80 % hmyzu, takže se dá říci, že na Altiplanu zastupují hmyzožravé savce, jako jsou drobní vačnatci nebo hmyzožravci, kteří na velké části jihoamerického kontinentu chybějí. Typickou šelmou Al-

tiplana zasahující svým rozšířením na jih až do Patagonie je skunk velký (*Conepatus chinga*). Na rozdíl od předcházejících šelem je oblíbenou potravou tohoto nočního predátora hmyz a další bezobratlí. Na vyhrabávání potravy žijící v zemi je velmi dobře vybaven mohutnými dlouhými drápy a na skunka netypicky protáhlým čenichem. Zajímavostí je jeho vysoká odolnost proti chřestýšimu jedu, přestože nejnovější analýzy skunčí potravy neukazují, že by plazi obecně byli její důležitou složkou.

Jinými hlodavci, výtečně adaptovanými na extrémní klima a slané pouštní prostředí, jsou drobné dlouhocasé a velkoučké formy: křečci rodu *Eligmodontia*, kteří dokážou pít i velmi koncentrovanou slanou vodu, nebo rodu *Phyllotis*, kteří za nepříznivých podmínek upadají do strnulosti podobně jako zmiňovaní kolibříci. V místech s bohatším vegetačním pokryvem nechybějí ani morčatovci, jako je koloniálně žijící morče lasicovité (*Galea musteloides*). To je známé lineární hierarchií mezi samci i samicemi, kdy má každé zvíře jednoho nadřazeného a jednoho podřazeného jedince – není-li ovšem na nejvyšší, nebo naopak nejnižší příčce hierarchie. Samice jsou značně promiskuitní. Více než 80 % vrhů mívá více než jednoho otce a mláďata pocházející z těchto vrhů jsou v průměru životaschopnější než ta od maminek věrných.

Dalšími zajímavými morčatovci na místech s bohatší vegetací jsou příbuzní osmáků tukotukové (rod *Ctenomys*) vytvářející rozsáhlé systémy podzemních chodůb. V kamenitých oblastech žije činčilák šedý (*Abrocoma cinerea*) i činčila ušatá (*Lagidium viscacia*). Omezené potravní zdroje způsobují, že se zde téměř nevyskytují potravní specialisté – všichni se snaží využívat co nejširší spektrum potravy. Dalšími adaptacemi na život ve vysokohorské poušti je výkonnější vylučovací systém savců, produkce vysoce koncentrované moči a nízká míra ztráty vody při dýchání.

Neadaptabilnější savec

Extrémní nadmořská výška a teplota, téměř žádné srážky a silný výpar, kamenitý povrch a vysoký obsah solí v půdě znemožňují pěstovat jakékoli plodiny. Lze jen těžko uvěřit, že v podmínkách salares mohou lidé vůbec žít. A přece jsou tu doma. Kromě Kečuánců tu žijí i indiáni Aymarové, kteří sem přišli již před třemi tisíci lety ze středního Peru. Je to neuvěřitelně tvrdý národ pastevců a horníků, schopný odolávat nejen nepříznivým klimatickým vlivům, ale i nejrůznějším vlivům kulturním. Nezlomila je rozsáhlá incká expanze na přelomu 15. a 16. století, nezlomili je ani španělské kolonizátory. Do dnešních dnů žijí poměrně tradičním způsobem života. Právě Aymarové byli hlavními iniciátory nepokojů, které přivedly Bolívii v minulém roce na pokraj občanské války.

Puna tedy byla celá století ovlivňována lidskými aktivitami. Pastva ovci, koz a lam, kácení polyepisových lesů na podpal a šíření pastvin zde probíhá tak dlouho, že není zcela jasné, zda je puna v dnešní podobě a rozsahu původním biotopem či lidským výtvozem. To jí však, stejně jako fascinujícím salares, neubírá na zajímavosti. ∞

12) čeled Tropiduridae, 13) čeled hvězdalkovité (Leptodactylidae).



Nahoře: Ze savců v *puně* zastihneme nejčastěji lamy krotké (*Lama glama*, na snímku) a vzácněji gracilní vikuně (*Vicugna vicugna*). Oba snímky © Tomáš Grim

Dole: Písečníci (*Thinocoridae*) jsou zvláštní bahňáci vázaní na extrémní podmínky jihoamerických And a Patagonie. Celkem čtyři druhy (v rodech *Attagis* a *Thinocorus*) připomínají tvarem těla, zobáku a kratičkýma nohama stepokury Starého světa, jsou však příbuzní jespákům. Svým cikcak letem připomínají zase sluky, odtud také částečně pochází anglický název *seedsnipes* – „semenné slučky“. To je ovšem zavádějící – hlavní složkou potravy písečníků jsou listy a pupeny, nikoli semena. S tím souvisí i unikátní opylování

dmuroletu neboli kalceolárie (*Calceolaria uniflora*) z čeledi krtičníkovitých (*Scrophulariaceae*) písečníkem nejmenším (*Thinocorus rumicivorus*). Ten ozobává ztluštělou část květu, pyl se mu zachytí na peří nad čelem – a tímto způsobem jej přeneše na další rostliny téhož druhu. Z hlediska rostliny jde pravděpodobně o adaptaci na prostředí, kde chybějí samotářské včely rodů *Centris* a *Chalepogenus* (čeleď pelonoskovití, *Anthophoridae*) – hlavní opylovači kalceolárií v jiných oblastech. Písečníci jsou monogamní, na vejících sedí pouze samice, která pokaždé, když opouští hnízdo, zakryje snůšku rostlinným materiálem. Na obrázku je tokající samec písečníka šedo-prského (*Thinocorus orbignyianus*) u jezera Laguna Colorada.

