



## Reseña

### Islas de roca granítica en la región Chiquitana: Sitios de importancia para la conservación en Bolivia

Granitic rock islands in the Chiquitana region: sites of conservation importance in Bolivia

Huascar Azurduy\* & Oswaldo Maillard

Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano. Av. Ibérica calle 6 Oeste 95, esq. Puerto Busch, Barrio Las Palmas. Santa Cruz, Bolivia

\*Autor de correspondencia: [hazurduy@fcbc.org.bo](mailto:hazurduy@fcbc.org.bo)

#### Resumen

Las islas de roca granítica, conocidas como lajas, se constituyen en relictos naturales de gran valor histórico y ecológico. Su presencia asigna un alto valor de conservación al bosque seco chiquitano en Bolivia. El estado del conocimiento de estos ambientes altamente especializados indica que contiene elementos propios que difieren del bosque circundante, de modo que la endemidad es parte de sus características, así como la presencia de biota especialista; adicionándose especies con alto valor global para la conservación. En la presente reseña, se presenta una actualización de trabajos relacionados con afloramientos rocosos de granito para la región chiquitana y se reporta un inventario preliminar que da como resultado 3.282 sitios que suman un total de 11.425 ha, de las cuales solo un 32% están dentro de algún área protegida; aspecto que evidencia la necesidad de establecer espacios protegidos relacionados con este tipo de ambientes, cuyas amenazas en la actualidad son altamente críticas.

**Palabras clave** : Afloramientos rocosos, Ambientes rupestres, Áreas protegidas, Conservación.

#### Abstract

The granite rock islands, known as lajas, are natural relicts of great historical and ecological value. Their presence enhances the high conservation value of the Chiquitano Dry Forest in Bolivia. Study of these highly specialized environments indicates that they contain elements that differ from the surrounding forest, as they provide a habitat for endemic species and specialized biota so adding to their high global value for conservation. This review presents an update of work related to granite rock outcrops in the Chiquitano region and reports a preliminary inventory of 3,282 sites totaling 11,425 ha, of which only 32% are within a protected area, something that demonstrates the need to establish protected areas related to this environment, which is currently critically endangered.

**Key words**: Conservation, Protected areas, Rock outcrops, Rock environments.

**Recibido**: .21.05.21, **Aceptado**: 04.10.21.

#### Introducción

Emergen en medio del bosque como gigantescas rocas plutónicas de origen granítico precámbrico o gneísico, alcanzando alturas de hasta los 200 m y diámetros que abarcan los 400 m ó más (Killeen 1990). En el área rural, los habitantes de la región chiquitana las conocen generalmente con el nombre de “lajas”. Estos afloramientos rocosos, son en su mayoría formaciones aisladas y dispersas en el paisaje, con formas que varían desde los típicos escudos donde se deposita el agua de la lluvia (lajas), hasta aquellos en forma de domos o cúpulas. Han pasado 190 años desde que el naturalista francés Alcide d'Orbigny realizara una primera descripción de las formaciones rocosas graníticas (mencionadas como “gneis”) en su paso por la Chiquitania, entre las localidades de Concepción, San Javier, San Rafael, Santa Ana y San Miguel (Fig. 1,

D'Orbigny 1839-1843). En su descripción hace referencia a la estructura de la vegetación de las lajas, el sustrato y la acumulación de agua en estas formaciones.

El geógrafo W. Bornha introdujo el término alemán “inselberg” (*insel* = isla, *berg* = montaña) para describir la forma de cúpulas en forma de monolitos en la región de África Oriental. La geomorfología y geología de los inselbergs se ha estudiado en todo el mundo y sus características han sido descritos en detalle por Thomas (1994) y Bremer & Sander (2000). Los tamaños van desde montañas hasta islas en miniatura de unos pocos metros cuadrados, pero que muestran una particular cobertura biótica (Barthlott *et al.* 1996). Los inselbergs se encuentran en los trópicos húmedos y semihúmedos; ocasionalmente en zonas áridas,

subtropicales o incluso regiones templadas. La ocurrencia paleotrópica se concentra en África (Guinea, Camerún, África Central, Angola y África oriental semiárida); también están presentes en el centro y sur de Madagascar. Los inselbergs también ocurren en la India y Ceilán, entre el sur de China y Malasia, y en Australia (Barthlott *et al.* 1996, Ibisch *et al.* 1995). En el Neotrópico, los inselbergs

se distribuyen principalmente en el Atlántico este de Brasil, al oeste del Orinoco (Venezuela) y la frontera oriental del Escudo de Guyana, donde son conocidos bajo el nombre de Tepuis o Tepuyes. Los inselbergs bolivianos son probablemente los más aislados de los otros del Neotrópico (Hanagarth & Szwagrzak 2001).

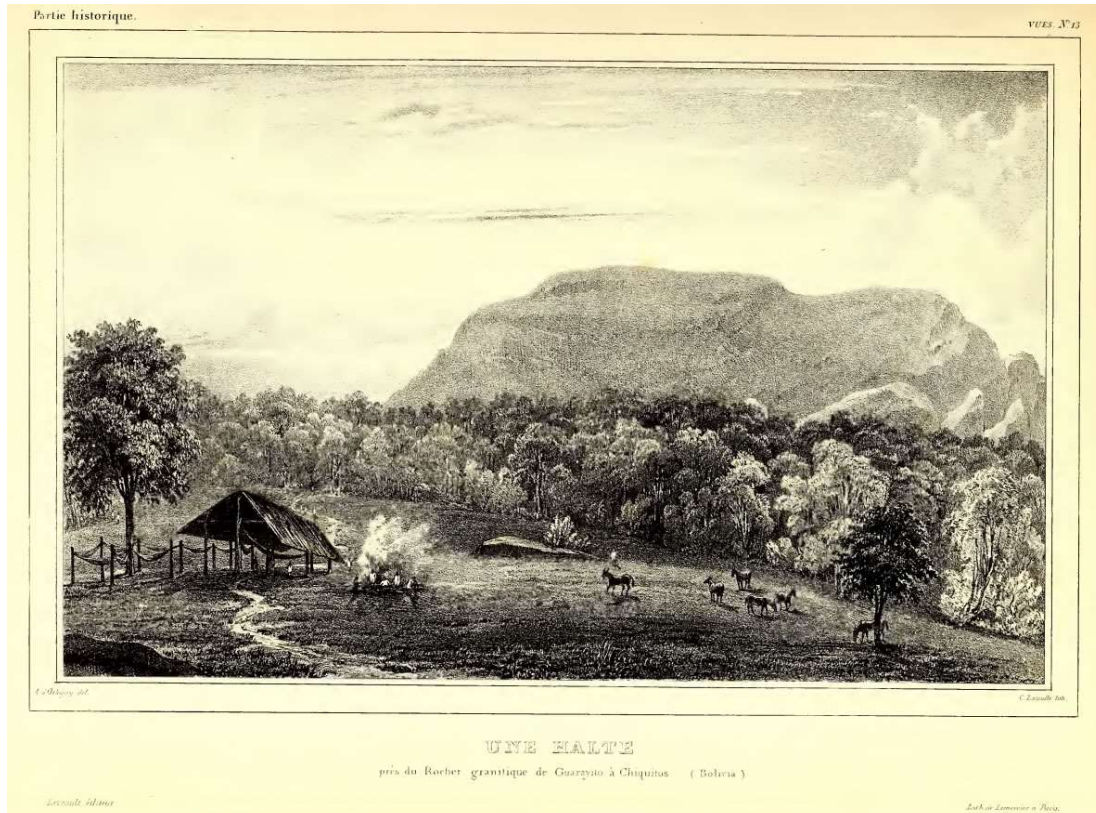


Figura 1. Ilustración de la isla granítica de Guarayito, en el camino entre Ramada de Medio Monte y Ramada de Pausiquia. Fuente: D'Orbigny (1839-1843).

Aunque a simple vista parecerían ser tan solo islas de roca, no hemos llegado a comprender aún la totalidad de la biodiversidad que albergan y su rol ecológico a nivel global. Para muchas especies de plantas y animales son su único hábitat. Sus suelos al ser superficiales poseen poca materia orgánica, son pobres en nutrientes y generan condiciones de estrés. La concentración de inselbergs coincide en alto grado con los centros regionales de biodiversidad, lo que enfatiza la importancia de los estudios de esta biota muy poco conocida (Barthlott *et al.* 1996, Porembski & Barthlott 2000a, Porembski 2007). Durante bastante tiempo se creyó que el nivel de riqueza y endemismo de los inselbergs de Bolivia era muy bajo en relación con otras formaciones en el neotrópico (Hanagarth & Szwagrzak 2001) y sin duda los estudios desarrollados en las últimas dos décadas han demostrado lo contrario.

En este trabajo presentamos una síntesis del conocimiento de las islas de roca graníticas en Bolivia en base a una revisión bibliográfica específica y además se exponen datos

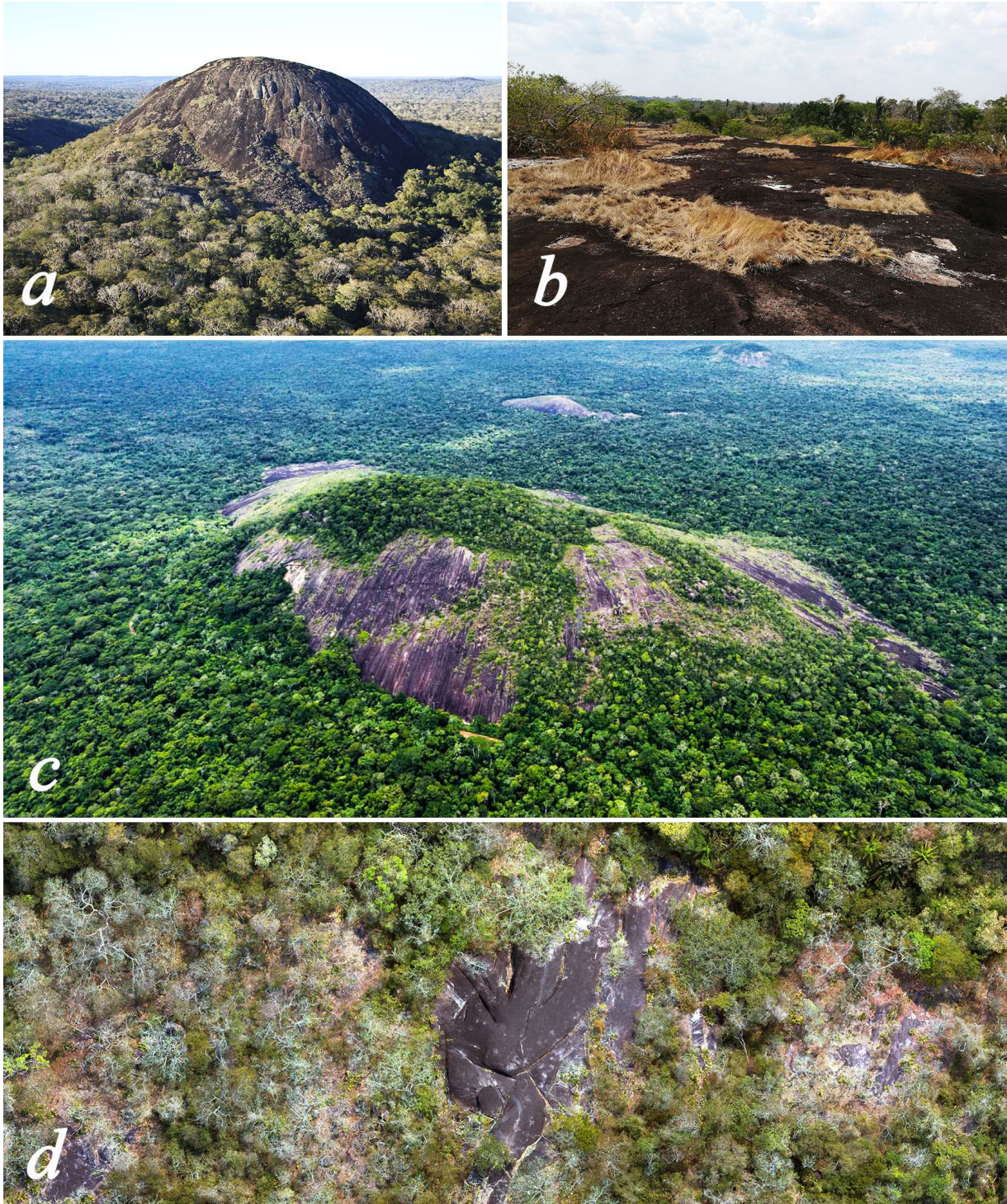
inéditos de trabajos que están en proceso de publicación. Esta información es útil para resaltar la importancia en la conservación biológica, identificar los vacíos de conocimiento de investigación y establecer estrategias de conservación para estos sitios y los bosques asociados.

### Geología

Los afloramientos rocosos graníticos se distribuyen en un sector importante de la ecorregión del bosque seco chiquitano (Vides-Almonacid *et al.* 2007), con tamaños que varían desde pequeños afloramientos dispersos en el paisaje hasta grandes cúpulas (Fig. 2); se los puede encontrar en pequeños cortes de algunos ríos y en los inselbergs esporádicos (Suárez-Soruco 2000), más frecuentes en la región de Lomerío y Alto Paraguá (Navarro 2011). Estos afloramientos rocosos, son diferentes a las lajas y los farallones de rocas de areniscas que se encuentran en las zonas de altas mesetas y serranías chiquitanas (p.e. Huanchaca, Sunsás, Santiago). Desde un plano geológico, un criterio básico para identificar las islas de roca graníticas

es que emergen del Escudo Precámbrico (Cratón de Guaporé), una región geológica situada en el este del país, que cubre un área de aproximadamente 240.000 km<sup>2</sup> en el noreste del Bolivia (Suárez-Soruco 2000). Geológicamente está dominado por lineamientos tectónicos y superficies de aplanamiento (Pitfield 1983). Se han reconocido en esta

región tres superficies de aplanamiento, una de ellas, la superficie sudamericana, denominada en Bolivia como Superficie Pega Pega, que se conserva en forma de remanentes disectados e inselbergs con cotas de 300-400 metros sobre el nivel del mar (Argollo & Iriondo 2008).



**Figura 2.** Lajas o domos de piedra de la Chiquitania, Bolivia. **a)** Forma típica de un domo granítico, Concepción (Foto: Hermes Justiniano), **b)** Aspecto característico de una laja con gran exposición pero que no se eleva considerablemente, camino a Nuevo Horizonte, Concepción (Foto: Weimar Torres), **c)** Domo de forma oval coronado por bosque, Bajo Paraguá, San Ignacio de Velasco (Foto: Daniel Coimbra), **d)** Domo granítico de forma irregular y disectado conspicuamente por grietas o canales erosivos, Centro de Estudios Alta Vista, Concepción (Foto: Roger Coronado).

## Clima

El clima en la región Chiquitana es tropical subhúmedo cálido con poca variabilidad térmica media anual, mientras que la distribución de la precipitación determina un régimen pluviométrico fuertemente estacional, situándose la estación lluviosa entre los meses de noviembre a marzo, con un máximo en el mes de enero (Vides-Almonacid *et al.* 2007). En los últimos años, las condiciones climáticas han cambiado, por lo que se han registrado sequías a través de los datos de las estaciones meteorológicas de la Chiquitania central, este, oeste y norte; con tendencias negativas que sugieren un incremento de la frecuencia e intensidad de estos eventos en el futuro (Maillard *et al.* 2020).

## Distribución en Bolivia

Inicialmente, Ibsch *et al.* (1995) identificaron solo seis áreas de concentración de inselberg en el Escudo Precámbrico, debido al estado muy preliminar de conocimiento que existía y la falta de accesibilidad en la región. Una aproximación de la distribución de estos sitios fue presentada por Navarro & Ferreira (2008) y Navarro (2011), quienes desarrollaron la cartografía y descripción de dos sistemas ecológicos que están asociados a los ambientes rupestres de las lajas y domos: arbustales y matorrales saxícolas de la Chiquitania y el matorral saxícola de colinas y serranías del centro-sur de la Amazonia. Entre los dos ecosistemas, en los que se incluyeron las situadas en formaciones de rocas areniscas (farallones, lajas, acantilados), Navarro & Ferreira (2008) cartografiaron un total de 518 sitios que ocupan una superficie de 21.833 ha.

El observatorio del bosque seco chiquitano de la FCBC, y a efectos del presente trabajo, realizó un análisis sobre la distribución de los afloramientos rocosos graníticos en Bolivia. Los últimos avances en teledetección han permitido detectar estas formaciones con ayuda de la serie temporal del satélite Landsat, en combinación con sobrevuelos, imágenes de ultra alta resolución de UAV (vehículo aéreo no tripulado) evaluaciones de campo e información cartográfica secundaria (p.e., Navarro & Ferreira 2008). En el estudio del Observatorio, se identificaron 3.282 sitios potenciales de rocas graníticas, entre lajas y domos dispersos en la región chiquitana (Fig. 3) que suman una superficie de 11.425 ha. Los afloramientos rocosos, presentaron en promedio, una superficie de 3.4 ha, pudiendo alcanzar superficies de hasta 150 ha. Los resultados obtenidos muestran que estas islas de roca se distribuyen discontinuamente en la Chiquitania, principalmente en los municipios de Urubichá (30%) de la Provincia Guarayos, Concepción (28%), San Ignacio de Velasco (17%), San Antonio de Lomerío (14%), San Miguel de Velasco (9%), Ascensión de Guarayos (3%); y en menor proporción en los municipios de San Javier, El Puente, Roboré y San Rafael.

En términos de conservación, solo el 32% (3.643 ha) se encuentran dentro de alguna de las áreas protegidas de la región (Fig. 3). El área protegida departamental conocida como Unidad de Conservación del Patrimonio Natural, Refugio de Vida Silvestre Departamental Ríos Blanco y Negro, es el que incluye, mayor superficie con 1.514 ha (aunque en cantidad de unidades no sea el más numeroso), seguido por la recientemente creada área protegida municipal Bajo Paraguá de San Ignacio, con 1.217 ha.

## Cultura

Son escasos los estudios que han abordado y estudiado la dimensión cultural de estas formaciones rocosas. Si bien los hallazgos de petroglifos en afloramientos rocosos en el departamento de Santa Cruz (Cordero *et al.* 2000, Kaifler 2002, Kaifler 2006), son una evidencia de la relación de las culturas prehispánicas con su entorno natural, son pocos los registros documentados en formaciones de lajas (Riester 1981, Kaifler 1999, Kaifler 2020). Sin embargo, es sabido que para los chiquitanos, las lajas son parte de los sitios a los que les asignan culturalmente un valor sagrado o ritualista (Rumiz *et al.* 2004). Estimamos que menos de 1% de estos sitios, han sido explorados en búsqueda de petroglifos, por lo que es necesario promover investigaciones que ayuden a comprender la manera en que los habitantes de esta región, interactuaban con su entorno en el pasado.

La laja conocida como Piedra Marcada en Lomerío (Fig. 4), es tal vez el sitio más representativo de los petroglifos de la Chiquitania, dado que evidencia grabados con formas faciales, circulares y concéntricas (Riester 1981). El sitio de Piedra Marcada, de acuerdo con los testimonios locales, habría sido dañado en una sección por el tránsito de maquinaria pesada y ganado vacuno del lugar, por lo que se deben realizar acciones para su conservación.

## Tipos de vegetación

Debido a las condiciones edáficas y los tipos de hábitat, hace que las comunidades de vegetación en las islas de rocas graníticas, sean drásticamente diferentes de las de los alrededores (Barthlott *et al.* 1996). En Bolivia, el sistema ecológico de los arbustales y matorrales saxícolas de la Chiquitania se caracteriza por presentar dos tipos de vegetación: el arbustal de lajas, que se desarrolla en rocas graníticas o gneises, donde predomina la serie *Sapium argutum-Commiphora leptophloeos* (Chiquitania central, este, oeste y norte); en tanto que en la región sur—no considerado en este estudio— se sitúa el matorral saxícola de la Chiquitania suroriental, dominado casi totalmente por *Vellozia viarabilis* y que se desarrolla sobre farallones y acantilados rocosos (Josse *et al.* 2003, Navarro & Ferreira 2008, Navarro 2011). Tienen una flora típica, siendo importantes las Velloziaceae, Bromeliaceae y Cactaceae. Villarroel *et al.* (2016) definen florísticamente estos

aflorescencias rocosas como “vegetación saxícola”, diferenciándolas del campo rupestre y cerrado rupestre, por sus características fisionómicas, geológicas y florísticas. En cuanto al “matorral saxícola de colinas y serranías del

centro-sur de la Amazonía”, en el área de Bajo Paraguá, se desarrolla sobre inselberg graníticos, en el que predomina la comunidad *Kielmeyera rubriflora-Vellozia tubiflora* (Josse *et al.* 2003, Navarro & Ferreira 2008, Navarro 2011).

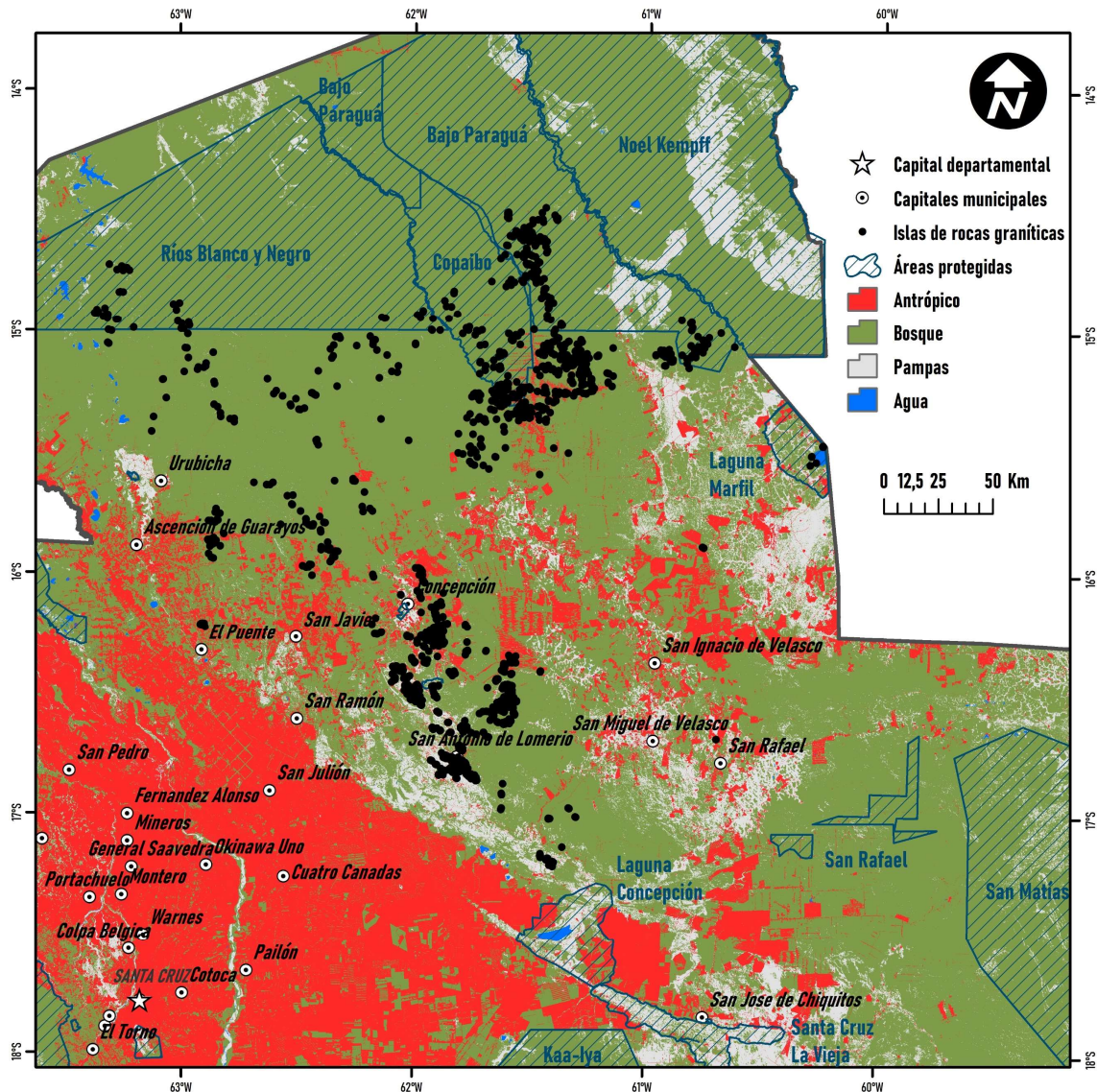


Figura 3. Ubicación de las islas rocas graníticas y su presencia en las áreas protegidas en la región chiquitana, Departamento de Santa Cruz.

## Flora

Cronológicamente, en Bolivia, los primeros estudios biológicos en las islas de roca granítica fueron realizados por Killen (1990), el cual reporta 20 especies de gramíneas para las lajas de la región Chiquitana. Posteriormente, Killen & Nee (1991) publicaron un listado de 72 plantas vasculares para estas formaciones. Ibisch *et al.* (1995), hacen un sumario de la información existente sobre la flora y vegetación en estas formaciones rocosas, reportando 130 especies y además nuevos registros de especies saxícolas para el país (p.e., *Vellozia tubiflora*). Un año más tarde se publica el libro de las plantas útiles de Lomerío, donde Navarro (1996) caracterizó la formación de las lajas, como

un bosque abierto muy bajo (2-4 m de altura), con *Sapium argutum* y *Commiphora leptophloeos* (Fig. 5), como las especies dominantes y a la vez características. Killen *et al.* (1998) aportaron con información valiosa sobre la composición y estructura del bosque chiquitano, en el que se incluyeron parcelas en estas formaciones rocosas de granito, en tanto que Ritter & Crow (2000), registraron por primera vez a la planta *Utricularia oliveriana* en el área de Cerro Pelao, cerca del Parque Nacional Noel Kempff. Mostacedo *et al.* (2001) estudiaron la riqueza y composición vegetal en tres sitios de lajas en el bosque chiquitano, en la zona de Lomerío, determinando que la riqueza de especies varía entre lajas, pero que, en forma

conjunta, esta riqueza puede ser mayor a otros tipos de bosque aledaños. Mamani *et al.* (2010) presentaron una guía de especies de plantas del cerrado del oriente boliviano y posteriormente, Mamani *et al.* (2011) reportan a las especies amenazadas, entre las que incluyeron las registradas en las lajas de roca granítica y de arenisca. Pozo *et al.* (2013) realizaron estudios en formaciones rocosas de Roboré y Concepción, entre los años 2007 y 2011, presentando un listado de especies endémicas, y haciendo una diferenciación de las encontradas en rocas de areniscas (p.e., *Frailea chiquitana*) y las cúpulas o domos graníticos (p.e., *Chamaecrista chiquitana*).

En la última década se ha incrementado los registros de especies de flora y algunas descripciones de nuevas especies

para la ciencia. Cabral *et al.* (2012), describieron a la hierba *Borreria velascoana* del municipio de San Ignacio, Hind (2014) a *Neocuatrecasia epapposa* para la zona de Concepción, Hind & Frisby (2014) a *Pectis harryi* para San Rafael, en tanto que Villarroel *et al.* (2014) describieron el arbusto *Eugenia lomerensis* de un domo granítico en Lomerío. En tanto que Wood *et al.* (2015), reportan dos nuevos registros del género *Ipomea* (*I. maurandioides*, *I. caloneura*,) y describen a dos (*I. chiquitensis* y *I. graniticola*). A pesar de estos nuevos hallazgos, existe un gran vacío de investigación científica especialmente en las áreas del norte del departamento de Santa Cruz, donde casi no se ha hecho nada con respecto a los inventarios florísticos.



Figura 4. Petroglifos (arriba) y actividad de extracción de roca (abajo) en la laja de Piedra Marcada, entre las localidades de San Simón y Monterito, municipio de Lomerío (Fotos: Adrien Marzec).



Figura 5. El Piñón bravo *Commiphora leptophloeos*, especie característica en las formaciones de las rocosas graníticas. Piedra Calama, municipio de Concepción (Foto: Daniel Villarreal).

## Fauna

El conocimiento de los vertebrados parece ser menos estudiada. Dirksen (1995) encontró cinco especies de lagartijas para un inselberg en el Bajo Paraguá (Dirksen & De la Riva 1999) y posteriormente Köhler & Böhme (1996) registraron diez especies de anfibios en un inselberg de la misma región. Harvey & Gutberlet (1998) describieron la lagartija *Tropidurus chromatops* (Fig. 6) en base a colectas en el área de Huanchaca y un inselberg en la zona de Bajo Paraguá. Harvey (1998) presentó un listado de ocho especies, entre reptiles y anfibios, que fueron reportados para estas formaciones, en el área del Parque Noel Kempff. Posteriormente, Fredericksen *et al.* (2003) publicaron tal vez el estudio más completo para estas formaciones, en base a observaciones de mamíferos, aves, reptiles y anfibios que utilizan los afloramientos rocosos en Las Trancas (municipio de Lomerío), llegando a registrar 956 individuos pertenecientes a 95 especies; siendo las especies más comunes la cotorra *Pyrrhura molinae*, el mono *Cebus apella* y la lagartija *Tropidurus torquatus*. Entre las aves, la familia Caprimulgidae fue la que tuvieron

abundancias y frecuencias altas en el afloramiento rocoso. Los murciélagos más comunes fueron *Platyrrhinus dorsalis* y *Tadarida brasiliensis*. El mamífero *Thrichomys apereoides* fue el más común y que junto con *Cavia tschudii* y las lagartijas *Tropidurus torquatus* y *Homonota horrida*, parecen según los autores, especialistas de estos ambientes rocosos. A dichas especie se adiciona *Neoplatymops mattogrossensis* un murciélago con rasgos interpretados como especializados para ambientes rupestres (Acosta *et al.* 2006). Finalmente, una nueva especie de anfibio, *Oreobates chiquitanus*, fue descrita recientemente desde las lajas de una localidad en el municipio de Concepción (Pansonato *et al.* 2020).

## Condiciones ambientales

En términos generales, las islas de rocas, como es el caso de los inselbergs, presentan condiciones ambientales que varían estacionalmente desde secos hasta húmedos o anegados (Yates *et al.* 2019). La falta de suelo y agua, las altas temperaturas, alta exposición a la radiación UV y los vientos constantes, han permitido el desarrollo de la vegetación característica (Poremski & Barthlott 2000b). La temperatura del aire y la insolación alcanzan

regularmente valores que son considerablemente más altos que los valores promedio en los tipos de vegetación circundantes (Porembski 2007). En cumbres y pendientes suaves, se producen numerosas depresiones aisladas donde se acumulan suelos poco profundos y porosos, que permitirán el desarrollo de vegetación herbácea o matorrales; en tanto que, en la base de estas formaciones rocosas, los suelos son más profundos y húmedos; en tanto

que la vegetación es más continua y densa (Yates *et al.* 2019). Las grietas de las rocas pueden ser colonizadas por plantas perennes o incluso por plantas leñosas (Barthlott *et al.* 1996). Las superficies permanecen secas debido al rápido drenaje, pero en algunas formaciones con depresiones, se llenan de agua estacionalmente producto de la escorrentía, pudiendo permanecer por varias semanas o meses consecutivos (Porembski 2007).



Figura 6. Lagartija *Tropidurus chromatops*, una de las especies más comúnmente encontradas en las lajas en la región chiquitana. Área Protegida Laguna Marfil, municipio de San Ignacio de Velasco (Foto: Marco Pinto).

Estas pozas temporales pueden adoptar un rol ecológico importante dado que pueden ser colonizadas por plantas acuáticas o semiacuáticas efímeras (Barthlott *et al.* 1996, Porembski & Barthlott 2000) y constituir ambientes clave en la reproducción de algunos vertebrados. Fredericksen *et al.* (2003) registraron en una poza temporal de un afloramiento rocoso, a los adultos de *Physalaemus biligonigerus*, así como sus renacuajos.

Las islas de roca granítica tienen un rol vital en los ecosistemas presentes en la ecorregión del Bosque Seco Chiquitano. Mostacedo *et al.* (2001) indican que estos sitios son favorables para la regeneración natural de algunas especies arbóreas (p.ej. *Cedrela fissilis*, *Aspidosperma rigidum* y *Astronium urundeuva*), en comparación a otros tipos de bosques. Además, Fredericksen *et al.* (2003) encontraron que son sitios importantes para la fauna, atraída por el calor latente que irradia la superficie de la roca después de la puesta de sol, con temperaturas más altas durante el día, las diferencias de la humedad relativa con el bosque circundante, la disponibilidad de agua en las depresiones y las estructuras que sirven como hábitat para algunas especies.

#### **Amenazas**

Los afloramientos rocosos están sujetos a diversas amenazas a nivel global debido a las tasas alarmantes de minería,

colonización de especies invasoras, recolección de agua, turismo mal planificado y el crecimiento urbano (Porembski *et al.* 2016). Aunque el granito y el gneis con el que están formados son bastante resistentes, en la Chiquitania, algunas áreas cercanas a centros ganaderos, las amenazas están relacionadas al pisoteo del ganado a la vegetación natural que se desarrolla. Sin embargo, Mamani *et al.* (2011) indican que la presencia de bromelias y las pendientes, ofrecen una protección natural contra el ganado. En cuanto a la minería en las tierras bajas de Bolivia, la información es casi inexistente y limitada a describir las empresas que realizan actividades (Tejada 2012). Es necesario realizar estudios que permitan cuantificar el impacto de la extracción de granito en la Chiquitania. En otro ámbito, en la Chiquitania se ha registrado la extracción de plantas ornamentales que son muy vistosas en estos ambientes, especialmente en formaciones del Cerrado (Wood *et al.* 2010).

Otros factores de amenaza son los incendios forestales (Ibisch *et al.* 1995, Anívarro *et al.* 2019). Los análisis generados por el Observatorio, reportados por Maillard *et al.* (2020) y Flores-Valencia & Maillard (2021), han ayudado a evaluar el impacto espacial de incendios en estos ecosistemas rupestres. En el año 2019, el fuego afectó una superficie de 3.720 ha, en tanto que para el 2020, del área impactada en estos ecosistemas rupestres, fue de 1.529 ha.

Sin embargo, se necesitan hacer mayores análisis que permitan cuantificar los niveles de pérdida de biodiversidad por los regímenes de incendios y la degradación de sus servicios ecosistémicos. Navarro (1995) indica que el fuego determina una destrucción inmediata de los horizontes edáficos superiores, escasos o nulos, con una brusca mineralización de materia orgánica que altera drásticamente el balance natural de nutrientes. Esto incide en la invasión masiva de lianas heliófilas y malezas agresivas y excluyentes. Además, el fuego determina una destrucción de la capa de humus y de las micorrizas; que, con suelos muy superficiales, el impacto en la recuperación del sistema no ha sido aún dimensionada.

### Estado de conservación

En un estudio realizado por Maillard *et al.* (2018), se evaluó el estado de conservación de los 20 ecosistemas ubicados en el área de las serranías chiquitanas, en base a los criterios de la Lista Roja de UICN. Ente los resultados, se determinó que la formación “arbustales y matorrales saxícolas de la Chiquitania” se encuentra en la categoría de En Peligro Crítico en base al criterio B1, es decir, debido a que su Extensión de ocupación (EOO) presenta una superficie de  $\leq 2.000 \text{ km}^2$ . En la Lista Roja de los ecosistemas amenazados de las tierras bajas de Bolivia, MMAyA (2020), no se mencionan a este ecosistema entre las amenazadas, pero sí identifica a la formación del “matorral saxícola de colinas y serranías del centro-sur de la Amazonía”, como un ecosistema que se encuentra en categoría de Vulnerable, en base a los criterios B1, B2 y B3. En este sentido, considerando el EOO de las lajas a nivel nacional, es necesario realizar una evaluación del estado de conservación de este ecosistema, bajo los criterios estandarizados de la UICN.

El Royal Botanic Gardens Kew junto con el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (<https://www.kew.org/science/our-science/projects/tropical-important-plant-areas-bolivia>) y el Missouri Botanical Garden, han llevado adelante desde el año 2017, la identificación de las Áreas Tropicales Importantes para la Conservación de Plantas (TIPAS) en la región Chiquitana (Martínez *et al.* 2020). En este programa se ha evaluado la presencia de especies amenazadas, riqueza de especies endémicas y raras, identificación del estado de conservación y las amenazas de los ecosistemas en la región chiquitana (Martínez *et al.* 2020); en el que se han evaluado además los diversos aspectos de la biología e ecología de las lajas y se han seleccionado algunos sitios como prioritarios para la conservación. Estos resultados ayudarán a estimar la eficacia de las áreas protegidas en la conservación de plantas, así como también identificar sitios en el que se podría establecer legalmente espacios de protección. Posteriormente, el programa fue fortalecido en el marco del

proyecto TeA (TIPAs en Acción), en coordinación con la Fundación Amigos de la Naturaleza.

### Especies prioritarias para la conservación

En las islas de roca granítica y arenisca, el endemismo botánico a nivel local es alto, a pesar de que el área evaluada no sobrepasa ni al 5 % de lo conocido hasta ahora debido a la falta de accesibilidad (Pozo *et al.* 2013). Ocho de estas especies endémicas se encuentran entre las especies de interés para la conservación, ya que se encuentran incluidas en la Lista Roja de especies amenazadas a nivel global de la UICN (<https://www.iucnredlist.org/>). Una de estas especies, *Borreria velascoana*, se encuentra en la categoría de En Peligro Crítico, en tanto que cinco fueron categorizadas como En Peligro (*Pectis harryi*, *Ipomea caloneura*, *Chamaecrista chiquitana*, *Ancistrotropis subhastata*, *Eugenia lomeroensis*) y otras dos en Vulnerable (*Neocuatreccasia epapposa*, *Eugenia cydoniifolia*). A nivel nacional, en la Lista Roja de los ecosistemas amenazados de las tierras bajas de Bolivia, MMAyA (2020) incluyen a dos especies en categoría de En Peligro (*Echinopsis hammerschmidii*, *Cereus bildmannianus*) y dos en Vulnerable (*Kielmeyera rubriflora*, *Commiphora leptophloeos*). La falta de información para muchas de estas especies no permite tener dimensionado el estado actual de muchas de estas especies, que podrían perderse si no se toman las debidas acciones de conservación.

### Consideraciones finales

Las islas de roca graníticas en la Chiquitania pueden guardar indicios de etapas biogeográficas anteriores, y en este sentido, son repositorios naturales cuyo entendimiento conjunto puede ayudarnos a entender algunos aspectos del pasado. El aislamiento espacial los convierte en objetos de conservación de mucho interés, considerando que las especies de plantas especializadas en estos ambientes dependen de suelos poco profundos y en el caso de la vegetación acuática y semiacuática, se desarrolla en pozos de agua efímeros.

De otro lado, es sabido que, para la fauna del bosque seco chiquitano, son espacios atractivos por la retención nocturna del calor, elevación térmica diurna, concavidades llenas de agua y varias fuentes de alimento en o cerca de los afloramientos rocosos. A ello se adiciona que los afloramientos rocosos pueden ser importantes refugios cuando se producen incendios tanto para la fauna (lacertilios, serpientes y otros) como para la vegetación (Landesmann 2016), tema que para el caso del bosque seco chiquitano merece indagaciones que se enfoquen en este rol.

El entendimiento de estos sistemas implica una indagación a escala individual en las islas de rocas de distintos tamaños y morfología, y a una escala conjunta en la que se estudien posibles conexiones ecológicas entre islas de roca granítica,

que a su vez podrían por ejemplo generar patrones de actividad en organismos como aves y/o murciélagos que como ya se sabe, visitan y usan estos ambientes con frecuencia, así como otros organismos altamente especializados.

Siendo estos ecosistemas aislados, dependientes de condiciones específicas y formas de vida con distintos grados de especialización, su nivel de vulnerabilidad a impactos como el fuego deforestación u otros, es mayor, más cuando no se ha evaluado a profundidad el impacto ecológico de estos factores.

La conservación de este tipo de ambientes plantea criterios y situaciones particulares (Gomez-Carella *et al.* 2019), esto sin mencionar el limitado conocimiento de estos. Ante ello, una de la medida precautorias para el bosque seco chiquitano, es buscar formas de conservar bloques de bosque que incluyan la mayor cantidad de islas de roca granítica, considerando, como hemos visto, la escasa inclusión de estos ambientes en áreas protegidas.

Dado que la sola presencia de islas de rocas asigna un alto valor de conservación a los bosques que los rodean (Rumiz *et al.* 2004), los bloques espaciales de islas de rocas que están fuera de áreas protegidas deben ser una referencia para el establecimiento de nuevos espacios protegidos de carácter municipal o departamental en el bosque seco chiquitano. A esto se suma la protección de sitios donde se identifican plantas de interés global para la conservación, algunas de ellas endémicas a nivel local y que necesitan de estos hábitats para su supervivencia.

En otro contexto, el turismo bien manejado, podría convertirse en una herramienta que puede ser usada para conservar estas formaciones rocosas, pero inicialmente se deben desarrollar estrategias en coordinación con los gobiernos y habitantes locales, y de esta manera se los podrá valorar y gestionar de una manera adecuada.

#### Agradecimientos

A Daniel Villarroel por sus importantes revisiones y comentarios a esta reseña. A Weimar Torres por su ayuda en la identificación de las islas de roca de granítica en la región chiquitana. A Marco Pinto y D. Villarroel por las fotografías proporcionadas para ilustrar esta reseña. A Adrien Marzec por la información y fotografías sobre los petroglifos en las lajas. Dos revisores y la editora asociada, ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito. Parte de los resultados presentados son parte de un análisis realizado por el Observatorio del Bosque Seco Chiquitano, en el marco del proyecto ECCOS, financiado por la Unión Europea y el proyecto Bases del conocimiento para la restauración, financiado por el Gobierno de Canadá.

#### Referencias

- Acosta, L., H. Azurduy & E. Cortez. 2006. Primer registro de *Neoplatymops mattogrossensis* (Viera, 1942) (Chiroptera), en Bolivia. *Kempffiana* 2: 134-139.
- Anívarro, R., H. Azurduy, O. Maillard, & A. Markos. 2019. Diagnóstico por teledetección de áreas quemadas en la Chiquitania. Informe técnico del Observatorio Bosque Seco Chiquitano, Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz.
- Argollo, J. & M. Iriondo. 2008. El cuaternario de Bolivia y regiones vecinas. Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino", Santa Fe.
- Barthlott, W., S. Porembski, J. Szarzynski, J.P. Mund. 1996. Phytogeography and vegetation of tropical inselbergs. *In: Guillaumet Jean-Louis (ed.), Belin M. (ed.), Puig H. (ed.) Phytogéographie tropicale: réalités et perspectives. Paris: ORSTOM, 15-24. (Colloques et Séminaires). Phytogéographie Tropicale: Colloque International en Hommage au Professeur Raymond Schnell, Paris.*
- Bremer, H. & H. Sander. 2000. Inselbergs: Geomorphology and geocology. pp. 7-35. *En: S. Porembski & W. Barthlott (eds.) In Inselbergs – biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin.*
- Cabral, E.L., L.M. Miguel, & J.D. Soto. 2012. Dos especies nuevas de *Borreria* (Rubiaceae) y sinopsis de las especies de Bolivia. *Brittonia* 6: 394-412.
- Cordero, R., J. Pinto, & I. Salazar. 2000. Los petroglifos de Piso Firme. Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia 14: 43-58.
- Dirksen, L. 1995. Zur Reptilienfauna Boliviens unter spezieller Berücksichtigung taxonomischer und zoogeographischer Aspekte. Diplomarbeit der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn (ZFMK), Bonn.
- Dirksen, L. & I. De la Riva. 1998. The Lizards and Amphisbaenians of Bolivia (Reptilia, Squamata): Checklist, localities, and bibliography. *Graellsia* 55: 199-215.
- D'Orbigny, A. 1839-1843. Voyage dans l'Amérique Méridionale: (le Brésil, la république orientale de l'Uruguay, la République argentine, la Patagonie, la république du Chili, la république de Bolivia, la république du Pérou), exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, et 1833. Tome deuxième. Paris.
- Flores-Valencia, M. & O. Maillard. 2021. Detección y cuantificación de los incendios forestales 2020: un análisis de la afectación en municipios, Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP) y áreas protegidas del departamento de Santa Cruz, Bolivia.

- Informe técnico del Observatorio Bosque Seco Chiquitano, Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz.
- Fredericksen, N. J., T. S. Fredericksen, B. Flores, E. McDonald & D. Rumiz 2003. Importance of granitic rock outcrops to vertebrate species in a Bolivian tropical forest. *Tropical Ecology* 44(2): 185-196.
- Gómez-Carella, D.S., K. Speziale, S. Lambertucci. 2019. Estado del conocimiento en ecología y conservación de los roquedales de la Argentina: una revisión. *Ecología Austral* 29: 315-328.
- Hanagarth, W. & A. Szwagrzak. 2001. Geoecology and biodiversity - Problems and perspectives for the management of the natural resources of Bolivia's forest and savanna ecosystems. *Geoecology and Biodiversity - Problems and Perspectives*. Pp 289-312. En: Barthlott W., Winiger M., Biedinger N. (eds) *Biodiversity*. Springer, Berlin.
- Harvey, M.B. & R.L. Gutberlet, Jr. 1998. Lizards of the Genus *Tropidurus* (Iguania: Tropiduridae) from the Serranía de Huanchaca, Bolivia: New Species, Natural History, and a Key to the Genus. *Herpetologica* 54(4): 493-520.
- Harvey, M. B. 1998. Reptiles and Amphibians of Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Pp. 144-154. En: Killeen, T. J., and T. S. Schulenberg (eds.). *A biological assessment of Parque Nacional Noel Kempff Mercado, Bolivia*. RAP Working Papers 10, Conservation International, Washington, DC
- Hind, D.J.N. & S. Frisby. 2014. *Pectis harryi* (Compositae: Heliantheae: Pectidinae), a new species from a rock platform in the Departamento de Santa Cruz, Eastern Bolivia. *Kew Bulletin* 69: 9520.
- Ibisch P. L., G. Rauer, D. Rudolph & W. Barthlott. 1995. Floristic, biogeographical, and vegetational aspects of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in eastern Bolivia. *Flora* 190: 299-314.
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow, & J. Teague. 2003. *Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems*. NatureServe, Arlington, VA.
- Kaifler, C. 1999. Los Petroglifos de Capinsal, Depto. de Santa Cruz, Bolivia. *Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia* 13: 53-63.
- Kaifler, C. 2002. El sitio de petroglifos Cañón de los Tocós, departamento de Santa Cruz, Bolivia". En: Documentación y Registro de Sitios de Arte Rupestre. Actas de la Sección 1 del V Simposio Internacional de Arte Rupestre, Tarija, septiembre del 2000: 67-93 y dibujo desplegable. SIARB, La Paz.
- Kaifler, C. 2006. Los petroglifos del sitio La Cruz, Mutun, Depto. de Santa Cruz, Bolivia. *Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia* 20:18-45.
- Kaifler, C. 2020. Los petroglifos de "Chima del Tigre" (El Carmen del Rivero), en el marco del arte rupestre del SE del Depto. de Santa Cruz. *Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia* 34: 72-79.
- Killeen, T.J. 1990. The Grasses of Chiquitania, Santa Cruz, Bolivia. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 77: 125-201.
- Killeen, T.J. & M. Nee. 1991. Catálogo de las plantas sabaneras de Concepción, depto. Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 17: 53-71.
- Killeen, T.J., A. Jardim, F. Mamani, N. Rojas & P. Saravia. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitania region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 14: 803-827.
- Köhler, J. & W. Böhme. 1996. Anuran Amphibians from the Region of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in northeastern Bolivia, with a note on the gender of *Scinax* Wagler, 1830 (Hylidae). *Revue française d'Aquariologie, Herpetologie* 23: 133-140.
- Landesmann, J.B. 2016. Refugios de fuego de *Austrocedrus chilensis* y su función en la expansión del bosque sobre el matorral en el noroeste de la Patagonia. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- MMAyA (Ministerio de Medio Ambiente y Agua). 2020. Libro Rojo de Plantas Amenazadas de las Tierras Bajas de Bolivia. Santa Cruz.
- Maillard, O., R. Anívarro, R. Vides-Almonacid & W. Torres. 2018. Estado de conservación de los ecosistemas de las serranías chiquitanas: Un caso de estudio de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 53 (2): 128-149.
- Maillard, O., R. Vides-Almonacid, M. Flores-Valencia, R. Coronado, P. Vogt, S. M. Vicente-Serrano, H. Azurduy, R. Anívarro & R.L. Cuellar. 2020. Relationship of Forest Cover Fragmentation and Drought with the Occurrence of Forest Fires in the Department of Santa Cruz, Bolivia. *Forests* 11(9): 910.
- Mamani, F., P. Pozo, D. Soto, D. Villaroel & J.R.I. Wood. 2010. Libro rojo de las plantas de los cerrados del Oriente Boliviano. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado-Darwin Initiative. Santa Cruz.
- Mamani, F., P. Pozo, D. Soto, D. Villaroel & J.R.I. Wood. 2011. Guía DARWIN de las plantas de los cerrados de la Chiquitania. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado-Darwin Initiative. Santa Cruz.
- Martinez, M.T., D. Villaroel, B. Klitgaard, R. Clegg & M. Toledo. 2020. Áreas Tropicales Importantes de Plantas en Bolivia. *El Patujú* 34: 2-14.

- Mostacedo, B., M. Toledo & T. S. Fredericksen, 2001. La vegetación de las lajas en la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. *Acta Amazónica* 31(1): 11-25.
- Navarro, G. 1995. Clasificación de la vegetación de la región de Lomerío, en el departamento de Santa Cruz. Memoria y leyenda del Mapa. (Informe final). Proyecto Forestal de Manejo Sostenible (BOLFOR), Santa Cruz.
- Navarro, G. 1996. Capítulo IV: La Vegetación de Lomerío Gonzalo Navarro Sánchez. Pp 57-98, en: T. R. de Centurión & Ivo K. Kraljevic. Las plantas útiles de Lomerío. BOLFOR, Santa Cruz.
- Navarro, G. & W. Ferreira. 2008. Memoria explicativa: mapas de vegetación, potencial forestal ecológico general y protección de la vegetación del Departamento de Santa Cruz. RUMBOL srl., Santa Cruz.
- Navarro, G. 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Centro de Ecología Difusión, Fundación Simón I. Patiño. Santa Cruz.
- Pansonato, A., A. Motta, P. Cacciali, C.F.B. Haddad, C. Strüssmann, & M. Jansen. 2020. On the Identity of Species of *Oreobates* (Anura: Craugastoridae) from Central South America, with the Description of a New Species from Bolivia. *Journal of Herpetology* 54(4): 393-412.
- Pitfield, P. 1983. The geology and mineral potential of the Puerto Villazón area. Inf. n° 15 Proy. Precámbrico (IGS-GEOBOL), Santa Cruz.
- Porembski, S. & W. Barthlott. 2000. Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Springer, Verlag Berlin Heidelberg, Nueva York.
- Porembski, S. & W. Barthlott. 2000b. Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. *Plant Ecology* 151: 19-28.
- Porembski, S. 2007. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Revista Brasil. Bot.* 30(4): 579-586.
- Porembski, S., F.A.O. Silveira, P.L. Fiedler, A. Watve, M. Rabarimanarivo, F. Kouame & S.D. Hopper. 2016. Worldwide destruction of inselbergs and related rock outcrops threatens a unique ecosystem. *Biodivers Conserv* 25: 2827-2830.
- Pozo, P., J.R.I. Wood, D. Soto & S. Beck. 2013. Plantas endémicas de afloramientos rocosos en las Serranías de Roboré y Concepción: Implicaciones para su conservación. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica* 7: 73-81.
- Riester, J. 1981. Arqueología y arte rupestre en el oriente boliviano, Dpto. Santa Cruz. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz.
- Ritter, N.P. & G.E. Crow. 2000. Notes on the Lentibulariaceae in Bolivia: a new genus record (*Gentlisea*) for the country, with two additional species records in the genus *Utricularia*. *Rhodora* 102: 217-224.
- Rumiz, D.I., B. Mostacedo, T. Cochrane & B. Rozo. 2004. Guía de identificación de atributos para definir Bosques de Alto Valor de Conservación. Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria y GTZ, Santa Cruz.
- Suárez-Soruco, R. 2000. Compendio de geología de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos* 18(1-2).
- Tejada, A. 2012. Minería en las tierras de Bolivia. Centro de Documentación e Información Bolivia, Cochabamba.
- Thomas, M.F. 1994. *Geomorphology of the tropics*. Wiley, Chichester.
- Vides-Almonacid, R., S. Reichle & F. Padilla. 2007. Planificación ecorregional del bosque seco chiquitano. Editorial Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz.
- Villarroel, D., K.M. Gomes-Bezerra, & C.E.B. Proença. 2014. Una nueva especie de *Eugenia* (Myrtaceae) del Cerrado boliviano. *Brittonia* 66(4): 316-320.
- Villarroel, D., C. Munhoz & C. Proença. 2016. Campos y sabanas del cerrado en Bolivia: delimitación, síntesis terminológica y sus características fisionómicas. *Kempffiana* 12(1): 47-80.
- Wood, J.R.I., F. Mamani, P. Pozo, D. Soto & D. Villarroel. 2010. Libro rojo de las plantas de los cerrados del oriente boliviano. Editorial Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. Santa Cruz.
- Wood, J. R. I., Carine, M. A., Harris, D., Wilkin, P., Williams, B. & Scotland, R. W. 2015. *Ipomoea* (Convolvulaceae) in Bolivia. *Kew Bulletin* 70: 1-124.
- Yates, C. J., T. Robinson, G. W. Wardell-Johnson, G. Keppel, S. D. Hopper, A. Schut, & M. Byrne. 2019. High species diversity and turnover in granite inselberg floras highlight the need for a conservation strategy protecting many outcrops. *Ecology and Evolution* 9(13): 7660-7675. <https://doi.org/10.1002/ece3.5318>