

ENDEMISMO FLORÍSTICO DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS EN LAS TIPAS  
BOLTIPA016 Y BOLTIPA017 (MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN, SANTA CRUZ,  
BOLIVIA): RIQUEZA, ESTRUCTURA POBLACIONAL Y ESTATUS DE  
CONSERVACIÓN

Floristic endemism of the rocky outcrops in the TIPAS BOLTIPA016 and BOLTIPA017  
(Concepción municipality, Santa Cruz, Bolivia): richness, population structure and  
conservation status

Liliana Arroyo-Herbas<sup>1\*</sup>, Oriana A. Lino-Villalba<sup>1</sup>, Scarlet Jazmín Quiroga-Méndez<sup>1</sup>,  
Jean Carla Montero-Aramayo<sup>2</sup>, Maira T. Martinez-Ugarteche<sup>1</sup>, Bente B. Klitgaard<sup>3</sup>  
& Daniel Villarroel<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.  
Avenida Irala 565, Santa Cruz, Bolivia.

<sup>2</sup>Escuela Militar de Ingeniería, 3er Anillo, Radial 13, Santa Cruz, Bolivia.

<sup>3</sup>Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, TW9 3AE, United Kingdom.

<sup>4</sup>Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Km. 7 1/2 Doble Vía La Guardia, Santa Cruz, Bolivia.

\*E-mail: lilianaarroyo95@hotmail.com

**Resumen:** En la región de la Chiquitania, los afloramientos rocosos se distribuyen de forma dispersa que sirven de hábitat a taxones especializados, incluyendo especies endémicas y raras, las cuales se encuentran en riesgo de extinción por diferentes factores. Con el fin de contribuir a la conservación de los afloramientos rocosos y sus especies, se inventarió y evaluó la estructura poblacional de las especies endémicas que crecen en estos hábitats en las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 (municipio de Concepción, Santa Cruz). Se registraron seis especies endémicas (endemismos regionales) en tres tipos de afloramiento rocoso (domo, lajas y afloramiento rocoso abrupto), siendo *Eugenia cydoniifolia* y *Neocuatreaasia eppaposa* las especies más frecuentes. La estructura poblacional de cuatro de las seis especies endémicas se distribuyó atípicamente, diferente a la denominada "J" invertida. A nivel internacional, cinco de las seis especies están categorizadas como amenazadas [tres En Peligro (EN) y dos Vulnerables (VU)], situación que difiere del estado de conservación determinado a nivel nacional (solo dos de las especies están categorizadas como amenazadas, EN). Los resultados obtenidos constituyen una base que, de ser complementados con el muestreo de las demás poblaciones de estas especies, permitirá realizar la re-evaluación de sus respectivos estados de conservación.

**Palabras clave:** endemismo vegetal, inventarios cuantitativos, región de la Chiquitania, UICN.

**Abstract:** In the Chiquitania region, rocky outcrops are distributed in a dispersed manner and provide a habitat for specialized taxa, including endemic and rare species, which are at risk of extinction because of different factors. In order to contribute to the conservation of rock outcrops and their species, the population structure of the endemic species from these habitats in the TIPAs BOLTIPA016 and BOLTIPA017 (municipality of Concepción, Santa Cruz) was inventoried and evaluated. Six endemic species (regional endemics) were recorded in three types of rock outcrop (dome, slab and isolated rock), with *Eugenia cydoniifolia* and *Neocuatreaasia eppaposa* being the most frequent species. The population of four of the six endemic species was distributed atypically, differing from the so-called inverted "J". At the international level, five of the six species are categorized as threatened [three Endangered (EN) and two Vulnerable (VU)], a situation that differs from their established conservation status at national level (only two of the species are categorized as threatened, EN). If complemented with the sampling of other populations of these species, the results will constitute a base that will allow the re-evaluation of their conservation status.

**Key Words:** Chiquitania region, IUCN, plant endemism, quantitative inventories.

## INTRODUCCIÓN

Los afloramientos rocosos son hábitats que sobresalen del suelo y, por sus características físicas albergan una flora especializada, la cual es el resultado de procesos prolongados de especiación y adaptación de las especies como respuesta a las particularidades del ambiente, tales como las limitaciones edáficas (suelos sin sedimentos acumulados o superficiales-poco profundos), alta y prolongada exposición a la radiación solar, baja retención de humedad (déficit hídrico) y alta tasa de evaporación (Porembski *et al.* 1997, Pozo *et al.* 2013). Estas características abióticas altamente distintas con relación al sustrato sobre el que se desarrolla la vegetación que las circundan, convierte a los afloramientos rocosos en islas de vegetación azonal.

En Bolivia, los afloramientos rocosos frecuentemente aparecen de forma aislada y dispersa dentro de las distintas formaciones vegetales que conforman las ecorregiones del Bosque Seco Chiquitano y el Cerrado en la región de la Chiquitania, donde, popularmente son denominados como "lajas" (Ibisch *et al.* 2003, Mamani *et al.* 2010, Villarroel *et al.* 2016a). Estudios realizados en estas ecorregiones han destacado la importancia biológica de estos hábitats por contener endemismos florísticos nacionales, regionales y locales, así como también, por resguardar a plantas consideradas raras y/o emblemáticas (Ibisch *et al.* 1995, Mostacedo *et al.* 2001, Mamani *et al.* 2010, Pozo *et al.* 2013). Físicamente, los afloramientos rocosos presentan formas y características variadas (Mamani *et al.* 2010), entre los que se distinguen a: i. domos, técnicamente denominados como inselbergs, presentando forma de media luna o cúpulas que se elevan y diferencian el paisaje (Cerrados de Bolivia 2013,

Azurduy & Maillard 2022); ii. lajas, rocas lisas dispuestas horizontalmente sobre la superficie del suelo (Pozo *et al.* 2013); y iii. afloramientos rocosos abruptos, sustrato donde crece el cerrado rupestre, sub-fisonomía del cerrado *sensu lato* que se caracteriza presentar árboles y arbustos dispersos que introducen sus raíces en las fisuras de las rocas (Villaruel *et al.* 2016a). Debido a sus características físicas y atributos biogeográficos, así como las presiones y amenazas a las que se encuentran sometidos (crecimiento urbano, minería e ingreso de especies invasoras), muchas de sus particularidades florísticas (especies endémicas y/o raras) han sido catalogadas bajo estatus de amenaza o riesgo de extinción, tanto a nivel nacional (Mamani *et al.* 2010, MMAyA 2020) como internacional (UICN 2022); por lo cual, en general, los afloramientos rocosos de la Chiquitania han sido identificados como zonas de alta prioridad de conservación (Mamani *et al.* 2010, Cerrados de Bolivia 2013, Pozo *et al.* 2013).

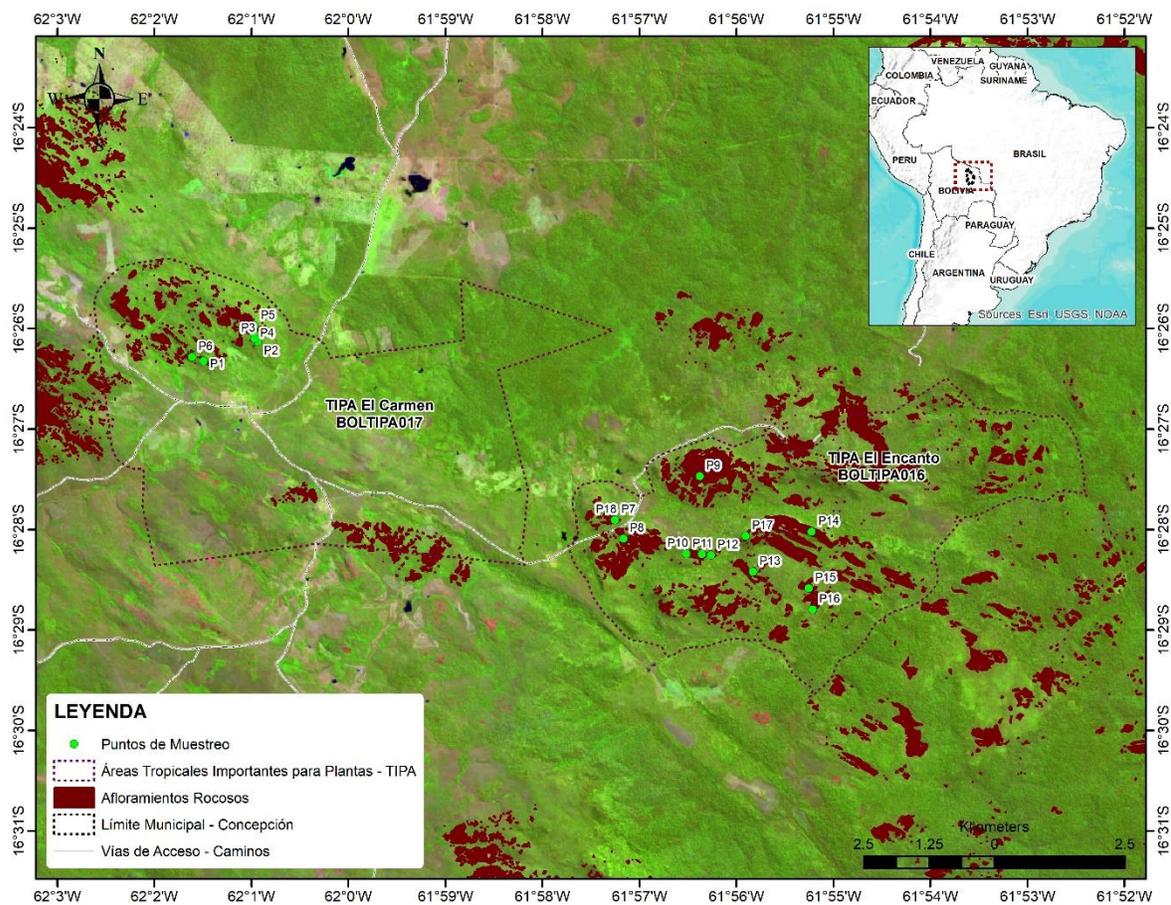
Recientemente, Martínez *et al.* (2020) identificaron 18 Áreas Tropicales Importantes para Plantas (TIPAs en la región de la Chiquitania; zonas o hábitats que se destacan por concentrar una alta diversidad florística, endemismos nacionales, regionales y locales, taxones mundialmente amenazados, y por resguardar una importante cantidad de plantas con valor socioeconómico; Darbyshire *et al.* 2017), entre las cuales, las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017, localizadas en las comunidades indígenas El Encanto y El Carmen respectivamente (Municipio de Concepción, Santa Cruz, Bolivia) se caracterizan por presentar afloramientos rocosos extensos y abundantes. Dentro de estas áreas, los afloramientos rocosos más conocidos y principales atractivos turísticos naturales se destacan el Cerro Bamba, el Cerro Padre, la Cueva del Tigre, Las Pampitas y Las Cuevas. Pese a sus atributos y particularidades florísticas y su importancia turística, históricamente, las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 vienen afrontando una serie de presiones y amenazas, tales como el desmonte de la vegetación que circunda los afloramientos rocosos, la minería, la extracción ilegal de orquídeas y cactus (Martínez & Ledezma en prep., Martínez *et al.* en prep.) y la destrucción de los afloramientos rocosos para la extracción de material de construcción (Azurduy & Maillard 2022).

Si bien existe un inventario previo y específico de las especies endémicas que habitan en los afloramientos rocosos de las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 (Martínez & Ledezma en prep., Martínez *et al.* en prep.), aún se desconoce el estado de sus poblaciones, un aspecto ecológico clave para determinar el estatus de conservación de dichos taxones. Con la finalidad de contribuir a la conservación de las especies endémicas que habitan en los afloramientos rocosos de la región de la Chiquitania en Bolivia, en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos: i. cuantificar la riqueza de especies endémicas que habitan en los afloramientos rocosos de las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017; ii. evaluar sus respectivas estructuras poblacionales; iii. analizar y comparar sus estatus de conservación actualmente establecidos a nivel global y nacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

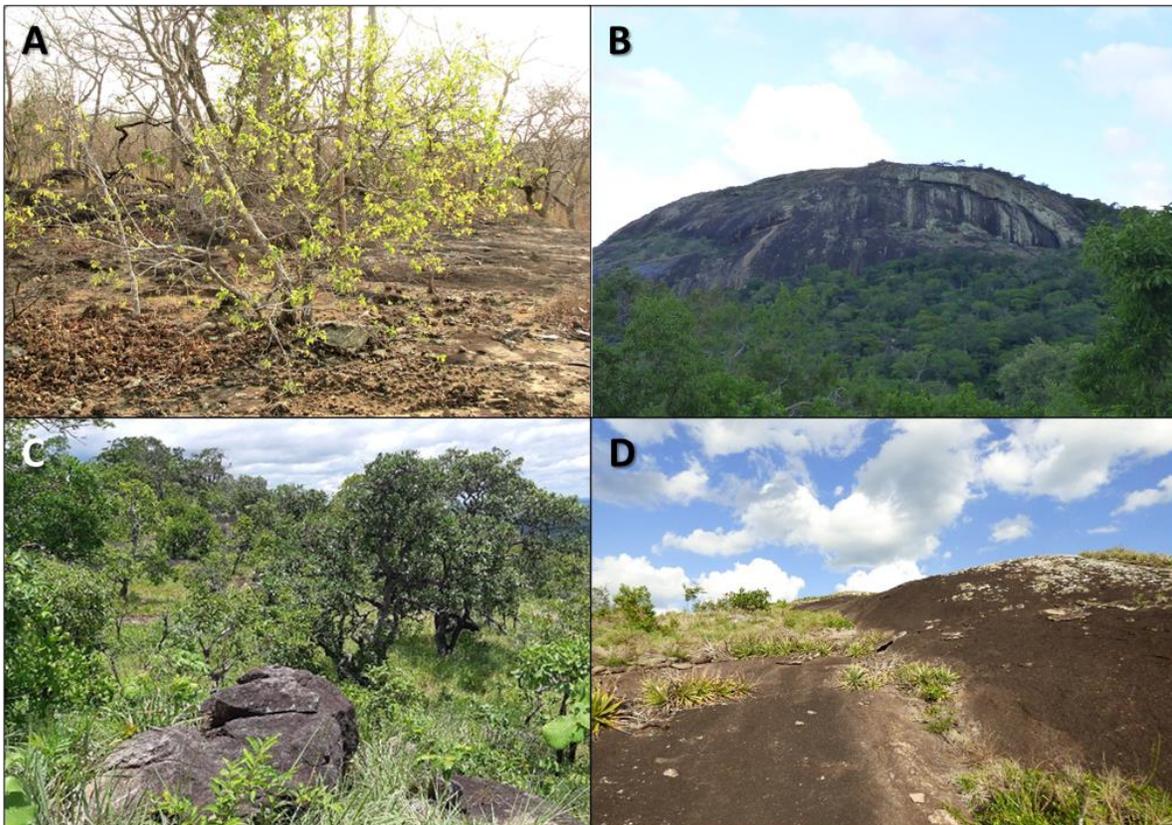
Geográficamente, las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 se encuentran localizadas a 43 km de la ciudad de Concepción, en las comunidades indígenas El Encanto y El Carmen, respectivamente (provincia Ñuflo de Chávez, Santa Cruz, Bolivia; Figura 1). El paisaje en las TIPAs se caracteriza por presentar un mosaico de vegetación, dentro del que se incluyen fisionomías boscosas, sabánicas, campestres y, contrastando orográficamente, los afloramientos rocosos (domos, lajas y afloramientos rocosos abruptos en las cimas de serranías). La precipitación promedio anual en la región de estudio oscila en torno de 1039 mm ( $\pm 54.8$ ); y la temperatura media anual en  $24.2^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3.8$ ), alcanzando temperaturas máximas de  $31.6$  ( $\pm 1.5$ ) y mínimas de  $14.8$  ( $\pm 2.3$ ). La época húmeda inicia en octubre y se extiende hasta finales de abril; para luego, desde finales de abril y hasta mediados de octubre ingresar a un periodo frío y seco (SENAMHI 2021).



**Figura 1.** Área de estudio (TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017) y ubicación de los puntos de muestreo, municipio de Concepción, Santa Cruz, Bolivia.

## Diseño de muestreo

El diseño de muestreo aplicado para el desarrollo del presente estudio fue de tipo estratificado, habiéndose identificado tres estratos: i. lajas: afloramientos graníticos de gneis y cuarzo, con relieve liso, planos a levemente inclinados, frecuentemente encontradas entre 400 y 600 m de elevación (Figura 2A); ii. domos: afloramiento granítico en forma de cúpula, semejante a una colina, alcanzando elevaciones entre 400 y 800 m (Figura 2B); y iii. afloramientos rocosos abruptos, presentes en las cimas de mesetas y serranías, entre 600 a 800 m de elevación y donde crece el cerrado rupestre (Figura 2C). Debido a que las poblaciones de los taxones de estudio se encuentran distribuidas de forma agregada y dispersa dentro de cada estrato (Figura 2D), los puntos de muestreo fueron establecidos de forma no probabilística (Otzen & Manterola 2017).



**Figura 2.** Tipos de formaciones rocosas. **A.** Laja; **B.** Cúpula granítica o domo; **C.** Afloramientos abruptos; **D.** Taxones distribuidos de forma agregada y dispersa.

## Toma de datos

### Inventario de especies endémicas

Mediante la plataforma *Google Earth Pro V7.3.4.8248*, un total de 41 afloramientos rocosos fueron identificados en las TIPAs de estudio. Con la ayuda de guías locales, en cada TIPa, se procedió a explorar los principales afloramientos rocosos. En cada afloramiento se procedió a inventariar, mediante el método de búsqueda exhaustiva, a todas las especies categorizadas como endémicas, según el Catálogo de Plantas Vasculares de Bolivia (Jørgensen *et al.* 2014). La identificación taxonómica de las especies fue por revisión de literatura, revisión de especímenes y tipos nomenclaturales depositados en el Herbario del Oriente Boliviano (USZ).

### Diseño de cuadrantes y transectos de muestreo

La cuantificación de individuos de los taxones endémicos por unidad de superficie fue realizada mediante la aplicación de dos métodos, según las formas de vida de las especies (Mostacedo & Fredericksen 2000). Estos métodos son: i. transectos de 500 m<sup>2</sup> (50 x 10 m), en los que se inventarió a todos los taxones endémicos con forma de vida arbórea; ii. cuadrantes de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m), en los que se inventarió a todos los taxones endémicos con forma de vida herbácea, arbustiva y subarbustiva, incluyendo también a cactáceas.

### Estructura poblacional

La estructura poblacional de los taxones endémicos fue analizada considerando como factor discriminante los estadios de desarrollo de sus respectivas formas de vida (Tabla 1).

**Tabla 1.** Criterios cualitativos y cuantitativos empleados para diferenciar los estadios de desarrollo de las especies endémicas.

Hábito	Categorías	Características
Arbórea	Plántulas	individuos en fase de germinación y con una altura no mayor a 30 cm.
	Brinzales	individuos mayores a 30 cm de altura, pero menores a 1.3 m.
	Fustales	individuos con un diámetro basal mayor a 5 cm, pero menor a 10 cm medidos desde 30 cm del suelo.
	Adultos	individuos con presencia de flor y/o fruto con un diámetro basal mayor a 10 cm.
Herbáceo/Arbustivo	Juvenil	individuos estériles y con presencia de hojas nuevas.
	Adulto	individuos con presencia de flor y/o fruto.
Cactus	Propágulo	individuos encontrados en etapa de germinación.
	Juvenil	individuos estériles.
	Adulto	presencia de flores, y presencia de hijuelos.

## Análisis de datos

### Densidad poblacional:

La densidad poblacional promedio de cada taxón identificado fue calculada mediante la relación del número de individuos registrados por cuadrante o transecto vs. la superficie del cuadrante (ind/4 m<sup>2</sup>) o transecto (ind/50 m<sup>2</sup>; Mostacedo & Fredericksen 2000). Este atributo fue estimado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{N}{A}$$

Donde:

D = Densidad de individuos de la especie endémica por cuadrante/transectos.

N = Número total de individuos encontrados según los estadios de desarrollo.

A = Área del cuadrante/transectos.

### Estructura poblacional

La comparación de la densidad poblacional entre los estadios de desarrollo de cada uno de los taxones endémicos fue determinada mediante la aplicación de las pruebas no paramétricas de: i. Test de Wilcoxon, aplicado para los taxones de forma de vida herbáceas y arbustivas; y ii. Test de Kruskal-Wallis, aplicado para los taxones arbóreos y cactáceas.

La estructura poblacional según la distribución de la densidad de individuos por estadios de desarrollo fue categorizada en base a las curvas de tendencia propuesta por Peters (1996), las cuales son: i. curva tipo I, indica que, a medida que los individuos van madurando la densidad disminuye (curva en forma de “J” invertida), característico de especies cuya regeneración es constante; ii. curva tipo II, se caracteriza por presentar densidades de individuos fluctuantes entre una y otra categoría, aspecto atribuido a procesos de regeneración discontinuos, típico de poblaciones donde los primeros estadios de regeneración no son constantes; iii. curva de tipo III, representa a poblaciones con niveles de regeneración limitada, por tanto, la densidad de individuos maduros siempre será mayor que el de las primeras etapas de desarrollo. Los resultados obtenidos fueron expresados en diagramas de cajas generados mediante el paquete *Ggplot2* en la plataforma *R* versión 4.0.5 (R Core Team 2021), utilizando la interface *RStudio* versión 1.4.1106 (RStudio Team 2021).

### Estatus de conservación

El estatus de conservación de las especies endémicas registradas fue designado considerando una escala geográfica global y nacional mediante la revisión del Libro Rojo de Plantas Amenazadas de las Tierras Bajas de Bolivia (Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2020) y la Lista Roja de Especies Amenazadas a nivel global de la UICN (UICN 2022).

## RESULTADOS

Durante el trabajo de campo se muestreó un total de 18 afloramientos rocosos, representando el 43% del total de los afloramientos rocosos (41) previamente identificados en ambos sitios TIPAs (Figura 1). De los 18 afloramientos rocosos muestreados, nueve corresponden a lajas, cuatro a domos y cinco a afloramientos rocosos abruptos.

### Riqueza y frecuencia de especies endémicas

Dentro de los 18 afloramientos rocosos se registró un total de seis especies endémicas, correspondientes a cinco géneros y cinco familias. La familia con mayor representatividad taxonómica fue Myrtaceae (2 especies). Las especies restantes corresponden a las familias Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae y Cactaceae (Tabla 2). Cuatro de las seis especies endémicas fueron inventariadas sobre lajas y domos, y tres especies en los afloramientos abruptos. Las especies que comúnmente pueden ser encontradas en los tres tipos de afloramientos rocosos son, *Eugenia cydoniifolia* y *Neocuatrecasia epapposa*, aunque ésta última con una baja frecuencia dentro de cada uno de estos ambientes (Tabla 2). *Ancistrotropis subhastata* demostró una alta especificidad por las condiciones ambientales de los domos, siendo la especie endémica más frecuente de este tipo de hábitats (0.75; Tabla 2). De igual forma, *Hibiscus conceptionis* y *Echinopsis hammerschmidii*, también presentaron una alta especificidad por los afloramientos rocosos abruptos y las lajas respectivamente, ambas con baja frecuencia de presencia (Tabla 2).

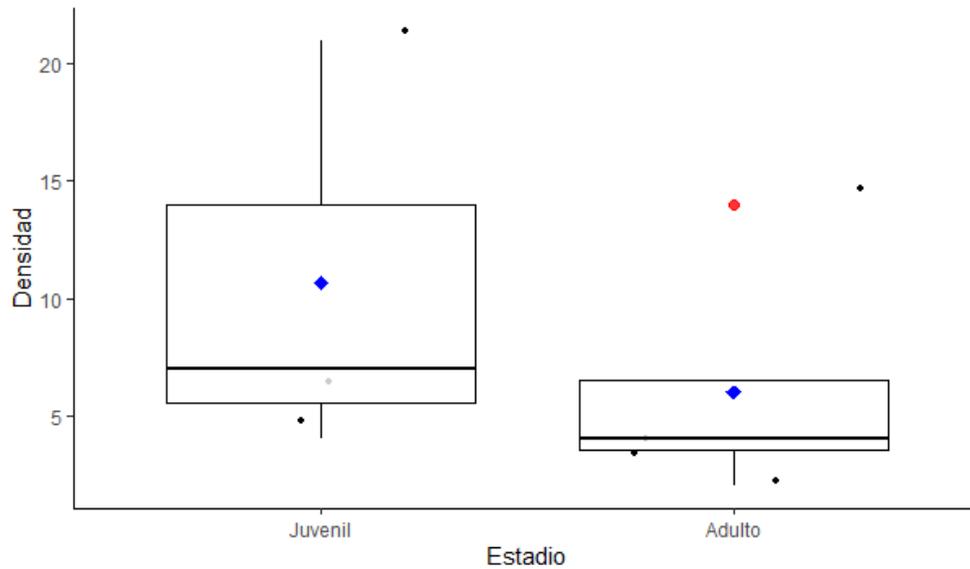
**Tabla 2.** Frecuencia relativa de especies endémicas por tipo de hábitat y registro de colectas/presencia.

Familia	Especie	Afloramientos rocosos			Frecuencia Total (n=3)	Registro de Espécimen
		abruptos (n=5)	Domos (n=4)	Lajas (9)		
Asteraceae	<i>Neocuatrecasia epapposa</i>	0.20	0.50	0.22	<b>1.00</b>	L. Arroyo, 16
Cactaceae	<i>Echinopsis hammerschmidii</i>	0.00	0.00	0.11	<b>0.33</b>	L. Arroyo, Reg.Fot.
Fabaceae	<i>Ancistrotropis subhastata</i>	0.00	0.75	0.00	<b>0.33</b>	L. Arroyo, 12
Malvaceae	<i>Hibiscus conceptionis</i>	0.40	0.00	0.00	<b>0.33</b>	M.T. Martinez, 960
Myrtaceae	<i>Eugenia cydoniifolia</i>	0.80	0.50	0.44	<b>1.00</b>	M.T. Martinez, 643
Myrtaceae	<i>Eugenia lomeroensis</i>	0.00	0.25	0.33	<b>0.67</b>	L. Arroyo, 17

## Densidad y estructura poblacional de especies endémicas

### *Ancistrotropis subhastata*

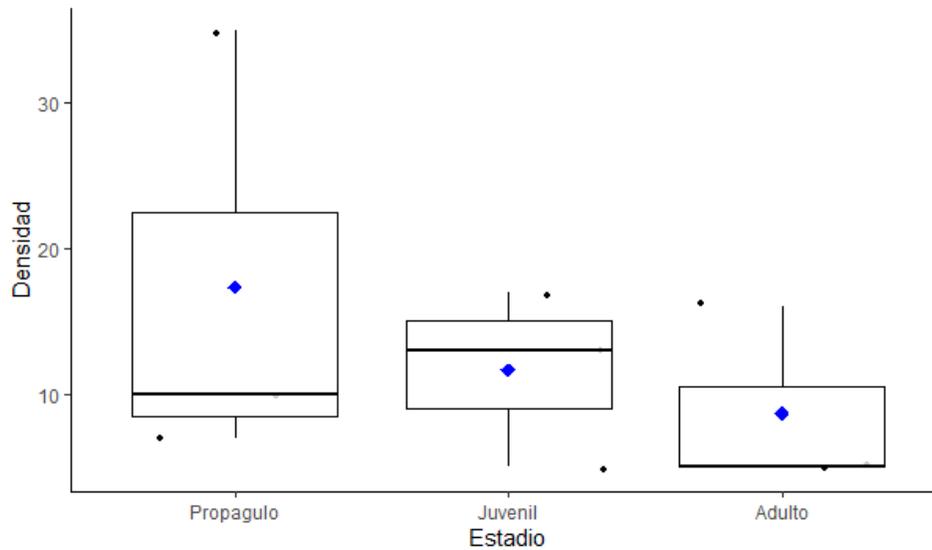
La densidad poblacional promedio de individuos adultos de esta especie fue de 5.5 ind/4 m<sup>2</sup> ( $\pm 2.6$  ind/4 m<sup>2</sup>). Si bien la densidad de juveniles (8.1 ind/4 m<sup>2</sup>) frecuentemente llega a ser mayor que la densidad de individuos adultos (5.5 ind/4 m<sup>2</sup>), ésta no alcanza una diferencia estadística significativa ( $P \geq 0.05$ ). Sin embargo, pese a esta similitud, la estructura poblacional de *A. subhastata* se organizó de forma equivalente a una curva tipo I, indicando que la especie presenta una regeneración constante (Figura 3).



**Figura 3.** Densidad de individuos por estadio de desarrollo de *Ancistrotropis subhastata*. Los puntos rojos representan valores atípicos en los estadios.

### *Echinopsis hammerschmidii*

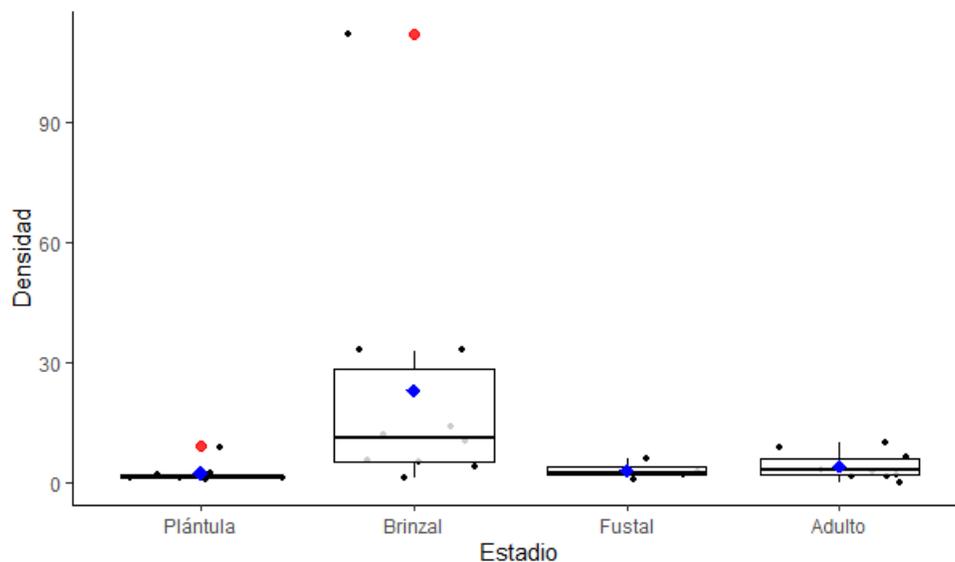
La densidad de individuos por estadios de desarrollo de *Echinopsis hammerschmidii* no presentó diferencias significativas cuando comparados entre sí ( $P \geq 0.05$ ). La densidad poblacional promedio de individuos adultos fue 8.7 ind/4 m<sup>2</sup> ( $\pm 6.4$  ind/4 m<sup>2</sup>; Figura 4). La distribución de las densidades de individuos por estadios se estructuró de forma semejante a la curva tipo I (o J invertida), existiendo una mayor densidad de propágulos (17.3 ind/4 m<sup>2</sup>) en comparación a las densidades de juveniles (11.7 ind/4 m<sup>2</sup>) y adultos (8.7 ind/4 m<sup>2</sup>). Por lo que, la población de *E. hammerschmidii* posee niveles constantes de regeneración (Figura 4).



**Figura 4.** Densidad de individuos por estadio de desarrollo de *E. hammerschmidii*.

### *Eugenia cydoniifolia*

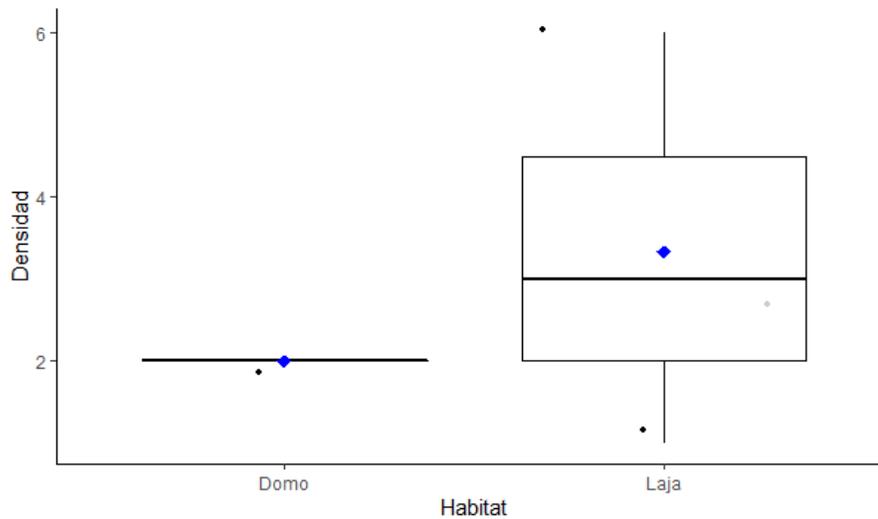
La densidad poblacional promedio de individuos adultos de *Eugenia cydoniifolia* fue de 4.2 ind/50 m<sup>2</sup> ( $\pm 3.5$  ind/50 m<sup>2</sup>). Al compararlos entre sí, la densidad de individuos por estadio de desarrollo fue significativa ( $P \leq 0.01$ ; Figura 5). La densidad de las poblaciones según los estadios de desarrollo se estructuró de forma similar a la curva tipo II, siendo el estadio de brinzal (21.3 ind/50 m<sup>2</sup>) el que congregó una alta densidad con relación a las plántulas (3 ind/50 m<sup>2</sup>) y fustales (2.8 ind/50 m<sup>2</sup>; Figura 5).



**Figura 5.** Densidad de individuos por estadio de desarrollo de *Eugenia cydoniifolia*. Los puntos rojos presentan valores atípicos en los estadios.

*Eugenia lomerensis*

Todos los individuos registrados de esta especie correspondieron al estadio de desarrollo adulto, el cual, de forma general alcanzó un promedio de 2.8 ind/4 m<sup>2</sup> ( $\pm 1.9$  ind/4 m<sup>2</sup>). La densidad de individuos por tipo de afloramiento rocoso sobre el cual se inventarió la especie resultó probabilísticamente similar (domos= 2 ind/4 m<sup>2</sup> vs. laja= 3.3 ind/4 m<sup>2</sup>; Figura 6).



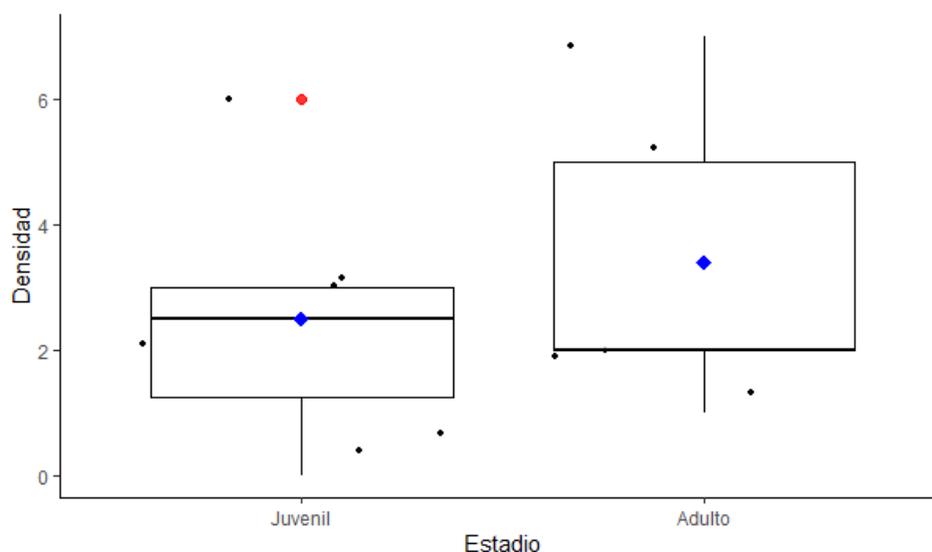
**Figura 6.** Densidad de individuos adultos de *Eugenia lomerensis* por tipo de hábitat.

*Hibiscus conceptionis*

Un total de nueve individuos fueron registrados, cinco adultos y cuatro juveniles. La densidad promedio de individuos adultos fue 1.3 ind/4 m<sup>2</sup> ( $\pm 0.4$  ind/4 m<sup>2</sup>).

*Neocuatrecasia eppaposa*

Esta especie presentó una densidad poblacional promedio de individuos adultos de 3.4 ind/4 m<sup>2</sup> ( $\pm 2.6$  ind/4 m<sup>2</sup>), valor que no difiere significativamente con relación a la densidad de juveniles (3 ind/4 m<sup>2</sup>;  $P \geq 0.05$ ; Figura 7). La densidad de individuos por categoría de desarrollo se organizó de forma similar a la curva tipo III (Figura 7), indicando una baja presencia de regeneración.



**Figura 7.** Densidad de individuos por estadio de desarrollo de *Neocuatrecasia epapposa*. Los puntos rojos presentan valores atípicos en los estadios.

### Estatus de conservación

De las seis especies endémicas registradas, cinco se encuentran categorizadas como amenazadas a nivel global y dos a nivel nacional (Tabla 3). Globalmente, tres de las especies están categorizadas como En Peligro (EN), y las dos restantes como Vulnerable (VU); todas estas evaluadas bajo el criterio B, Distribución Geográfica, subcriterios B1 (Extensión de Presencia, EOO) y B2 (Área de Ocupación, AOO). De igual forma, el estatus de conservación de las dos especies categorizadas bajo amenaza a nivel nacional [*E. hammerschmidii* (no evaluada a nivel global) y *A. subhastata*, ambas categorizadas como En Peligro (EN)] también fueron determinadas en base al criterio B, subcriterio B1 y B2 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Estatus de conservación de las especies endémicas según criterios de la UICN. La Lista Roja de la UICN a nivel global y El Libro Rojo de las tierras bajas de Bolivia.

Especie	UICN Global		Libro Rojo de Bolivia	
	Categoría	Criterio	Categoría	Criterio
<i>Neocuatrecasia epapposa</i>	Vulnerable (VU)	B1ab(iii)+2ab(iii)	-	-
<i>Echinopsis hammerschmidii</i>	-	-	En Peligro (EN)	B2ab(ii,iii,iv,v)
<i>Ancistrotropis subhastata</i>	En Peligro (EN)	B2ab(iii)	En Peligro (EN)	B1ab(iii,iv)+2ab(ii,iii)
<i>Hibiscus conceptionis</i>	En Peligro (EN)	B1ab(i,ii,iii,iv)+2ab(i,ii,iii,iv)	-	-
<i>Eugenia cydoniifolia</i>	Vulnerable (VU)	B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v)	-	-
<i>Eugenia lomeroensis</i>	En Peligro (EN)	B1ab(iii)+2ab(iii)	-	-

## DISCUSIÓN

### Endemismo de los afloramientos rocosos

Las seis especies endémicas que fueron registradas en los afloramientos rocosos de los sitios TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 representan aproximadamente el 0.8% del total de plantas endémicas del departamento de Santa Cruz y el 3% del endemismo florístico cuantificado para la región de la Chiquitania (Jørgensen *et al.* 2014). En el municipio de Concepción, la riqueza de especies endémicas de los afloramientos rocosos del área de estudio es similar a la riqueza (6 especies) previamente inventariada por Pozo *et al.* (2013) para estos mismos hábitats en dicho municipio (extensión territorial mayor). Así también, corresponde al 60% de las especies endémicas registradas en las comunidades El Encanto y El Carmen (Martinez & Ledezma en prep., Martinez *et al.* en prep.), donde previamente se catalogaron 10 especies, cinco de las cuales habitan sobre lajas y domos.

*Eugenia cydoniifolia* y *Ancistrotropis subhastata*, dos de las especies más frecuentes de los hábitats donde crecen (Tabla 2), fueron registradas previamente en el área de estudio [Mamani *et al.* 2011, Cerrados de Bolivia 2013, Villarroel *et al.* 2014, Martinez *et al.* (en prep.), Martinez & Ledezma (en prep.)], así como en otros afloramientos rocosos del municipio de Concepción y el extremo norte de la Chiquitania (Mamani *et al.* 2011, Cerrados de Bolivia 2013, Pozo *et al.* 2013), al igual que *Hibiscus conceptionis* (Jørgensen *et al.* 2014). Por otro lado, *Echinopsis hammerschmidii*, *Eugenia lomerensis* y *Neocuatrecasia epapposa* son especies cuya distribución geográfica está altamente restringida a los afloramientos rocosos de las comunidades de El Encanto y El Carmen, así como los afloramientos rocosos de la región de Lomerío (Mostacedo *et al.* 2001, Hind 2014, Villarroel *et al.* 2014).

### Estructura poblacional

Hasta el presente, la estructura poblacional de las especies endémicas que crecen en los afloramientos rocosos en la región de la Chiquitania no ha sido evaluada, ya que la mayoría de los estudios previamente realizados se enfocaron principalmente en inventarios florísticos (Ibisch *et al.* 1995, Killeen & Hinz 1992, Mostacedo *et al.* 2001, Pozo *et al.* 2013, Martinez & Ledezma en prep., Martinez *et al.* en prep.).

De las seis especies endémicas, solo *Echinopsis hammerschmidii* presentó una estructura poblacional distribuida equilibradamente según sus estadios de desarrollo, situación que, aparentemente es común para las especies del género *Echinopsis*, tal como lo demostró Lazarte *et al.* (2019) para las especies que habitan en el cantón de Pulquina (Jardín de las Cactáceas; municipio de Pulquina, Santa Cruz). Los óptimos niveles de regeneración de *E. hammerschmidii* puede atribuirse principalmente a la elevada cantidad de propágulos generados vegetativamente, los mismos que se van produciendo constantemente a lo largo

del año. La estructura poblacional registrada para *E. cydoniifolia* (curva tipo II; Peters 1996) fue similar al reportado por Villarroel *et al.* (2016b) para *Dipteryx alata*, otra especie arbórea típica de la ecorregión del Cerrado, la cual también se caracterizó por presentar una fluctuación positiva y significativa de los brinzales con relación a las plántulas y fustales (Figura 3), aspecto que indica una alta discontinuidad en el proceso regenerativo de la especie.

La baja densidad de plántulas de *Eugenia cydoniifolia* con relación a los brinzales puede atribuirse a la fenología reproductiva de la especie y su relación con la estacionalidad climática, ya que su etapa de floración inicia en octubre (finales de la estación seca), y su etapa de fructificación ocurre entre diciembre y febrero, época lluviosa (Villarroel *et al.* 2014). Por lo que, es de esperarse que la densidad de plántulas alcance sus densidades más altas entre abril y mayo, para luego disminuir súbitamente, producto del estrés hídrico que caracteriza a la región de estudio. Por otro lado, la alta densidad de individuos juveniles de *A. subhastata* puede deberse a la protección mecánica que las colonias de bromeliáceas brindan a este estadio de desarrollo contra los herbívoros (Mamani *et al.* 2010), los cuales terminan ingiriendo principalmente a los adultos (alcanzan una mayor altura), dejando a los individuos menores.

### Estatus de conservación

Pozo *et al.* (2013), destacan la importancia de conocer el estado poblacional de las especies endémicas, como sólo desde esta perspectiva se podrían desarrollar y fundamentar estrategias de conservación de un determinado taxón y sus respectivos hábitats frente a amenazas, actuales o futuras. Los resultados obtenidos en esta investigación (estructura poblacional) generan un punto de partida para la realización de futuras re-categorizaciones del estatus de conservación de estos taxones mediante la aplicación de parámetros cuantitativos de los criterios A y C de la UICN (UICN 2022). Si bien, actualmente estas especies se encuentran categorizadas bajo amenaza (Tabla 3), dicho estatus es atribuido a su reducida Extensión de Presencia (B1) y Área de Ocupación (B2), así como la calidad del hábitat donde crecen y el número de localidades donde fueron registradas, en su mayoría menor a cinco (Biggs 2020, Biggs & Clegg 2020, Clegg 2020a, Clegg 2020b, Biggs *et al.* 2021).

De las seis especies, sólo *Ancistrotropis subhastata* cuenta con un estatus de amenaza a nivel nacional (Atahuachi 2020) y global (Clegg 2020a). Evaluada bajo el mismo criterio y subcriterios (Tabla 3), el estatus de conservación En Peligro (EN) establecido para *A. subhastata* difiere del estatus determinado para el mismo taxón en el Libro Rojo de las Plantas de los Cerrados del Oriente boliviano (Mamani *et al.* 2010), obra en la que fue categorizada como Vulnerable (VU; criterio D, Población Pequeña o Restringida) debido al

reducido número de localidades donde fue registrada la especie ( $\leq 5$ ) y el bajo número de individuos observados (Mamani *et al.* 2010).

El hecho de que *Echinopsis hammerschmidii* no presente ningún estatus de conservación a nivel internacional se debe a que esta especie es considerada por la UICN como un sinónimo de *Echinopsis calochlora*, la cual está categorizada bajo el estatus de Preocupación Menor (LC). Sin embargo, a nivel nacional, Navarro (2020), basado en el criterio B2 categorizó a *E. hammerschmidii* como una especie En Peligro (EN), indicando que este taxon comúnmente es confundido con *E. calochlora*, pues ambas especies comparten ciertas similitudes morfológicas; siendo el tamaño de sus espinas y número de costillas los caracteres vegetativos más contrastantes entre ambas.

## CONCLUSIONES

Los afloramientos rocosos en las TIPAs BOLTIPA016 y BOLTIPA017 demostraron resguardar un nivel de endemismo florístico igual (6 especies) al registrado previamente en los estudios realizados en estos hábitats de la región de Concepción. Si bien se registró una baja densidad regenerativa de las especies endémicas, esto no significa que dichos taxones se tornen inviables en el tiempo y corran el riesgo de sufrir una extinción a nivel local, toda vez que dichas variaciones parecen estar fuertemente relacionadas con la fenología reproductiva, aspecto que debe ser estudiado conjuntamente con las estrategias de reproducción vegetativa y tipos de dispersión.

Las densidades poblacionales obtenidas en este estudio (número de individuos y número de individuos maduros) proporcionan nuevos lineamientos y perspectivas futuras para el análisis y re-categorización del estatus de conservación de las especies endémicas encontradas en ambos sitios TIPAs. El grado de endemismo registrado en los afloramientos rocosos, así como también los datos cuantitativos obtenidos de las poblaciones de las especies, brindan una serie de datos y argumentos que permitirá gestionar la conservación de estas especies, así como para la consolidación de los sitios TIPAs El Encanto (BOLTIPA016) y El Carmen (BOLTIPA017).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto TeA [TIPAs en Acción “Improving indigenous Bolivian Chiquitano people’s livelihoods through sustainable forest management”]; financiado por la Iniciativa Darwin (proyecto # 26-024 Klitgaard, Royal Botanic Gardens, Kew) y ejecutado por la Fundación Amigos de la Naturaleza, el Real Jardín Botánico de Kew y el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado] por el auxilio financiero para el desarrollo de la investigación.

## LITERATURA CITADA

- ATAHUACHI, M. 2020. *Ancistrotropis subhastata*. Pp. 362-363. En: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. Libro rojo de especies amenazadas de Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz.
- AZURDUY, H. & O. MAILLARD. 2022. Islas de rocas graníticas en la región Chiquitana: Sitios de Importancia para la conservación en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 57(1):39–50.
- BIGGS, N. 2020. *Eugenia lomerensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. <https://www.iucnredlist.org>, acceso en diciembre 2021.
- BIGGS, N. & R. CLEGG. 2020. *Eugenia cydoniifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. <https://www.iucnredlist.org>, acceso en diciembre 2021.
- BIGGS, N., R. CLEGG & M.T. MARTINEZ. 2021. *Hibiscus conceptionis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. <https://www.iucnredlist.org>, acceso en diciembre 2021.
- CLEGG, R. 2020a. *Ancistrotropis subhastata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. <https://www.iucnredlist.org>, acceso en diciembre 2021.
- CLEGG, R. 2020b. *Neocuatrecasia epapposa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. <https://www.iucnredlist.org>, acceso en diciembre 2021.
- CONSERVACIÓN DE LOS CERRADOS DEL ORIENTE BOLIVIANO. 2013. Zonas de prioridad para la conservación. <http://www.cerradosdebolivia.museonoelkempff.org>, acceso en diciembre de 2021.
- DARBYSHIRE I., S. ANDERSON, A. ASATRYAN, A. BYFIELD, M. CHEEK, C. CLUBBE, Z. GHRABI, T. HARRIS, C. D. HEATUBUN, J. KALEMA, S. MAGASSOUBA, B. MCCARTHY, W. MILLIKEN, B. DE MONTMOLLIN, E. N. LUGHADHA, J.-M. ONANA, D. SAÏDOU, A. SÂRBU, K. SHRESTHA & E. A. RADFORD. 2017. Important Plant Areas: revised selection criteria for a global approach to plant conservation. *Biodiversity and Conservation* 26(8):1767–1800.
- HIND, D.J.N. 2014. *Neocuatrecasia epapposa* (Compositae: Eupatorieae: Gyptidinae), a new species from a shield inselberg in the department of Santa Cruz, Eastern Bolivia. *Kew Bulletin* 69(3): 9526.
- IBISCH, P.L., S.G. BECK, B. GERKMANN & A. CARRETERO. 2003. Ecorregiones y ecosistemas. Pp. 47-88. En: IBISCH, P.L. & G. MÉRIDA (eds.). *Biodiversidad: la riqueza de Bolivia, estado de conocimiento y conservación*. Editorial FAN, Santa Cruz.
- IBISCH, P.L., G. RAUGER, D. RUDOLPH & W. BARTHLOTT. 1995. Floristic, biogeographical, and vegetational aspects of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in eastern Bolivia. *Flora* 190: 299–324.
- JØRGENSEN, P.M., M.H. NEE & S.G. BECK. 2014. *Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia*. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

- KILLEEN, T.J. & P.N. HINZ. 1992. Grasses of the Precambrian Shield region in eastern lowland Bolivia. I. Habitat preferences. *Journal of Tropical Ecology* 8:389–407.
- LAZARTE, M., I. LINNEO, E. OSINAGA & A. ARAUJO. 2019. Abundancia y estructura poblacional de los cactus con potencial económico ornamental en "El Jardín de las Cactáceas de Bolivia". Pp. 91–119. En: ARAUJO-MURAKAMI, A., E. GUZMÁN & E. CABALLERO (eds.). *Jardín de las Cactáceas de Bolivia: vegetación y plantas de Pulquina*. DICI, UAGRM, Santa Cruz.
- 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. & R. LEDEZMA. en prep. El Carmen (sendero ecológico) BOLTIPA017. Documento Técnico. Proyecto TIPAs, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Santa Cruz.
- MARTINEZ, M., R. LEDEZMA & J.R.I. WOOD. en prep. Área Protegida El Encanto BOLTIPA016. Documento Técnico. Proyecto TIPAs, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Santa Cruz.
- MARTINEZ, M., D. VILLARROEL, B.B. KLITGAARD, R. CLEGG & M. TOLEDO. 2020. Áreas Importantes de Plantas en Bolivia. *Boletín El Patujú* 34:2–14.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. 2020. *Libro rojo de plantas amenazadas de las tierras bajas de Bolivia*. Editorial FAN, Santa Cruz.
- MOSTACEDO, B. & T. FREDERICKSEN. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz.
- MOSTACEDO, B., M. TOLEDO & T. FREDERICKSEN. 2001. La vegetación de las lajas en la región de Lomerío Santa Cruz, Bolivia. *Acta Amazónica* 31:11–25.
- NAVARRO, G. 2020. *Echinopsis hammerschmidii* Cárdenas. Pp. 413–414. En: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA. *Libro rojo de plantas amenazadas de Bolivia*. Editorial FAN, Santa Cruz.
- OTZEN, T. & C. MANTEROLA. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology* 35(1): 227–232.
- PETERS, C. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank Technical Paper 322: 1–157.
- POREMBSKI, S., R. SEINE & W. BARTHLOTT. 1997. Inselberg vegetation and the biodiversity of granite outcrops. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 80: 193–197.
- POZO, P., J.R.I. WOOD, D. SOTO & S.G. 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.

- R CORE TEAM. 2021. R: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <http://www.r-project.org/index.html>
- RSTUDIO TEAM. 2021. RStudio: integrated development for R. RStudio. Disponible en: <https://www.rstudio.com/>
- SENAMHI. 2021. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Estado Plurinacional de Bolivia. <http://senamhi.gob.bo/index.php/clima>, acceso en agosto de 2021.
- UICN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org>
- VILLARROEL, D., J.E. QUINTINO DE FARIA & C.E.B. PROENÇA. 2014. One new and one long-lost species of *Eugenia* (Myrtaceae) from the Bolivian Cerrado. *Novon* 23(2): 244–249.
- VILLARROEL D., C.B.R. MUNHOZ & C.E.B. PROENÇA. 2016a. Campos y sabanas del Cerrado en Bolivia: delimitación, síntesis terminológica y sus características fisionómicas. *Kempffiana* 12(1): 47–80.
- VILLARROEL D., B. MOSTACEDO, M. TOLEDO, M. ANTEZANA & A. DEL VALLE. 2016b. Densidad, estructura poblacional y regeneración natural de la Almendra Chiquitana. Pp. 52–59. En: MOSTACEDO, B. & D. VILLARROEL (eds.). Identificación de variedades, ecología y productividad de la almendra chiquitana (*Dipteryx alata*). Dirección Universitaria de Investigación, Santa Cruz.

Manuscrito recibido en marzo 2022

Manejado por John R. I. Wood

Aceptado en julio de 2022