

Recuentos cromosómicos y análisis cariotípicos en *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana* (Cactaceae, Cactoideae)

Chromosome counts and karyotype analysis in *Rebutia krainziana* and *R. minuscula* subsp. *wessneriana* (Cactaceae, Cactoideae)

D.O.I.: doi.org/10.30550/j.lil/2018.55.2/2

Andrada, Aldo R.^{1*}; Valeria de los A. Páez¹; Nora B. Muruaga²

¹ Instituto de Genética.

² Herbario Fanerogámico-Herbario LIL. Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (T4000JFE) Tucumán, Argentina.

* Autor corresponsal: arandrada@lillo.org.ar

► **Resumen** — El género *Rebutia* (Cactaceae-Cactoideae) es endémico de América del Sur; es particularmente importante en el noroeste argentino y el sur de Bolivia. En sentido amplio reúne aproximadamente 257 especies y se reportaron los números cromosómicos solamente para 10 de ellas. En este trabajo se realizaron recuentos cromosómicos y se estimó los cariotipos de *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana*, mediante técnicas citogenéticas clásicas. Los resultados demostraron que ambos taxones son diploides de acuerdo al número cromosómico básico $x = 11$ establecido para el género. El análisis cariotípico mostró diferencias en cuanto a las longitudes y morfología cromosómica. En este trabajo, por primera vez, se cita el número cromosómico y se estiman los cariotipos en ambos taxones.

Palabras clave: Cactus; cariotipo; cromosomas esporofíticos; nivel de ploidía.

► **Abstract** — The *Rebutia* genus (Cactaceae-Cactoideae) is endemic to South America, and particularly important in the Northwest of Argentina and South of Bolivia. Broadly speaking, approximately 257 species are clustered in the genus and only for ten of them chromosome numbers were reported. In this work chromosome counts and estimations of karyotypes of *Rebutia krainziana* and *R. minuscula* subsp. *wessneriana* were performed by classical cytogenetic techniques. According to the basic chromosome number $x = 11$ established for the genus, the results demonstrate that both taxa are diploids. The karyotype analysis shows differences with respect to length and morphology of chromosomes. In this contribution the chromosome numbers and karyotypes of both taxa were estimated for the first time.

Keywords: Cacti; karyotype; ploidy level; sporophytic chromosomes.

► Ref. bibliográfica: Andrada, A. R.; Páez, V. de los A.; Muruaga, N. B. 2018. Recuentos cromosómicos y análisis cariotípicos en *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana* (Cactaceae, Cactoideae). Lilloa 55 (2): 8-16.

► Recibido: 20/09/18 – Aceptado: 22/11/18

► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>



► Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae se compone de unas 2000 especies y alrededor de 200 géneros, es típica de regiones áridas y semiáridas, como también están representadas en zonas tropicales y en climas templados. Se distribuyen en el Nuevo Mundo desde el oeste y sur de Canadá hasta la Patagonia en la Argentina. En América del Norte, uno de los principales centros de diversidad es México, reúne la mayoría de los géneros y especies. En América del Sur, la diversidad se concentra principalmente en el sureste de Ecuador, Perú, noroeste de Chile, Bolivia, en el noroeste, sur y este de la Argentina, este y sur de Brasil, Paraguay y Uruguay (Barthlott y Hunt, 1993; Kiesling y Ferrari, 2005; Ortega Báes *et al.*, 2010; Kiesling *et al.*, 2011).

Las clasificaciones taxonómicas dividen a la familia Cactaceae en cuatro subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae, Maihueñoideae y Cactoideae (Schumann, 1898; Wallace, 1995; Anderson, 2001; Nyffeler, 2002). Esta última subfamilia contiene la mayoría de las especies descritas y pueden ser terrestres, epífitas, arbóreas, arbustivas sin gloquidios y sin hojas desarrolladas, con tallos por lo general cilíndricos y globosos que presentan costillas y/o mamelones. La flora Argentina cuenta con representantes de las 4 subfamilias; reúne unos 37 géneros y unas 225 especies (Kiesling *et al.*, 2008). La subfamilia Cactoideae, siguiendo el criterio de Anderson (2001), se clasifica en 9 tribus: Calymmantheae R.S. Wallace, Hylocereeae Buxb., Cereeae Salm-Dyck, Trichocereae Buxb., Notocactaeae Buxb., Rhipsalideae DC., Browningieae Buxb., Pachycereeae Buxb. y Cactaeae Buxb. El género *Rebutia* K. Schum. se ubica en la tribu Trichocereae, siguiendo criterios morfológicos, vegetativos y reproductivos (Kiesling *et al.*, 2008; Kiesling *et al.*, 2011). En sentido amplio, para el género se registran 257 nombres de especies (<http://www.tropicos.org/>). Sin embargo, *Rebutia* en sentido estricto, cuenta con 10 especies (Muruaga, 2014; Kiesling *et al.*, 2014). Las especies del género habitan principalmente en el sur de Bolivia y en el noroeste de la Argentina, por encima de los 1000 m snm,

en ambientes sombreados y húmedos de bosques y pastizales, sobre todo en verano. *R. krainziana* y *R. minuscula* (F.A.C. Weber ex Rebut)K. Schum. subsp. *wessneriana* (Bewer.) Muruaga, son endémicas de la Argentina; ambas herbáceas, erectas a péndulas, hasta de 6 cm de altura. Presenta tallos adultos globoso-deprimidos a cilíndricos, con costillas disueltas en mamelones. Flores diurnas, infundibuliformes, hasta de 8 cm de longitud. Entre otros caracteres, los taxones se pueden diferenciar: en el caso de *Rebutia krainziana* por la presencia de areolas con 9-15 espinas hasta de 4 mm longitud y flores amarillas, rojas a anaranjadas; en cambio *R. minuscula* subsp. *wessneriana* contiene areolas con más de 20 espinas de 25 mm longitud y flores rojas, anaranjadas a veces violeta-rosadas (Muruaga, 2014).

Los estudios citológicos en las Cactáceas establecieron como número básico $x = 11$. El 70% de las especies analizadas son diploides y el resto son poliploides, variando desde triploides hasta dodecaploides (Cota y Wallace, 1996; Ortolani, Mataquero, Moro, 2007; Negrón-Ortiz, 2007; Moreno, Las Peñas, Kiesling, Bernardello, 2011; Mena, Mercado-Ruaro, Olaide, Scheinvar, 2011; Mosti, Fiorini, Papini, 2011; Andrada, Páez, Lozzia, Muruaga, 2012; Páez, Andrada, Muruaga, 2013).

Los autores que trataron al género en sentido amplio registraron especies que presentan dos variantes de número gametofítico: $n = 11$ y $n = 22$, describiendo cariotipos simétricos de cromosomas pequeños, no obstante, la morfología estructural varía desde metacéntricos a telocéntricos con un bajo polimorfismo entre ellos (Ross, 1981; Mosti *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de los cariotipos de *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana*, representativas de la región montañosa de la Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material recolectado (Fig. 1) se encuentra depositado en el Herbario Fanerogámico de la Fundación Miguel Lillo (LIL).

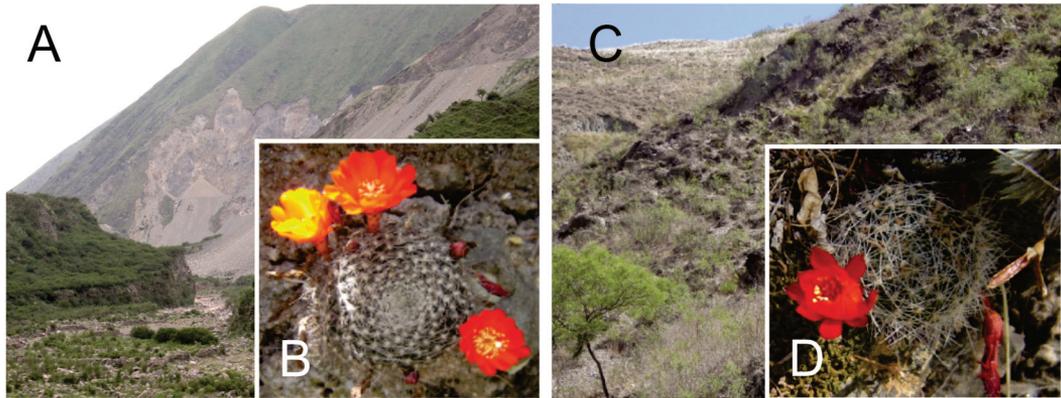


Fig. 1. Hábitat y aspecto general de la planta. A-B) *Rebutia krainziana*. C-D) *R. minuscula* subsp. *wessneriana*.

MATERIAL ESTUDIADO

Rebutia krainziana: ARGENTINA. Prov. Jujuy, Dpto. Tumbaya, Loc. Paraje Barcena, 2300 m snm, 04-X-2006, *Muruaga* 509 (LIL).

Rebutia minuscula subsp. *wessneriana*: ARGENTINA. Prov. Jujuy, Dpto. Tumbaya, Loc. Volcán, 2092 m snm, 11-X-2004, *Muruaga* 390 (LIL).

METODOLOGÍA

Las especies del género *Rebutia* son extremadamente difíciles de hacer enraizar en condiciones de laboratorio, uno de los principales factores es el crecimiento de hongos que provoca la putrefacción del material. Para evitar el crecimiento de estos patógenos se empleó NaClO₂ al 5%, sin embargo, cuando se esterilizaron las plantas se inhibió el crecimiento de las raíces. Se obtuvieron raíces de 7 ejemplares bajo tratamientos alternados de temperaturas de 45°C y 10% de humedad durante una semana; transcurrido el tiempo, el protocolo continuó con 4 días más a 25°C y 90% de humedad. En el caso de *R. krainziana* solo fue posible obtener una raíz con divisiones celulares. Para el análisis mitótico, se pretrataron las raíces en 8 hidroxiquinoleína 0,002 M durante 24 horas a 4°C, inmediatamente después se lavaron con agua destilada y fijaron en solución de Farmer (alcohol etílico-ácido acético, 3:1), para ser finalmente conservadas en alcohol etílico al 70%.

Las raíces se colorearon y montaron con una gota de hematoxilina propiónica al 2%, previa hidrólisis ácida en HCl 1 N durante 15 minutos a 60°C.

La medición de los parámetros cariotípicos se llevó a cabo con el programa Micromeasure 3.3 (Reeves, 2001) en 7 placas metafásicas como mínimo (una por individuo). Con *Rebutia krainziana* se efectuó una estimación del cariotipo, debido a que tan sólo se obtuvo una sola placa metafásica con cromosomas bien extendidos, que se podían analizar sin dificultades.

Las variables utilizadas en el presente estudio fueron: longitud total de los cromosomas (c); longitud del brazo largo (l) y corto (s), índice centromérico (Ic) y longitud del complemento cromosómico haploide (TCL). Los cromosomas se clasificaron de acuerdo a la metodología propuesta por Levan, Fredga, Sanberg (1964), mientras que las asimetrías cromosómicas se calcularon por la metodología de Romero Zarco (1986). Se realizó un diagrama de dispersión, con los valores de los índices de asimetría intracromosómico A_1 e intercromosómico A_2 , para comparar nuestros resultados con los de otros autores.

Las microfotografías se obtuvieron con una cámara Qcolor 5 montada a un microscopio Olympus BX 43. La representación gráfica de los idiogramas y diagrama de dispersión, se editaron con el software CorelDraw X13.

RESULTADOS

En *Rebutia krainziana* se determinó el número cromosómico esporofítico $2n = 22$ y una fórmula cariotípica de $20 m + 2 sm$. La longitud total del complemento cromosómico haploide y la longitud cromosómica media registrada fueron de $18,37 \mu\text{m}$ y de $1,67 \mu\text{m}$ respectivamente. El rango de variación de las longitudes cromosómicas medias fue de $2,26-1,54 \mu\text{m}$ (Fig. 2A); sus cromosomas se sitúan en la categoría de metacéntricos en base a su índice centromérico medio de 42,55. El cariotipo para esta especie sería unimodal con cromosomas de tamaño uniforme y valores de índices de asimetría intercromosómica $A_2 = 0,16$ e intracromosómica de $A_1 = 0,24$, poniendo en evidencia un cariotipo simétrico. En la Tabla 1 se registra los parámetros para la estimación cariotípica de ambas especies.

El estudio cariológico en *Rebutia minuscula* subsp. *wessneriana* determinó el número esporofítico de $2n = 22$ cromosomas y una fórmula cariotípica de $22 m$; en los brazos largos del primer par cromosómico se observaron satélites en posición terminal. La longitud total del complemento cromosómico haploide y la longitud cromosómica media fueron de $22,97 \mu\text{m}$ y de $2,09 \mu\text{m}$ respectivamente; el rango de variación de las longitudes cromosómicas medias fue de $2,68-1,62 \mu\text{m}$ (Fig. 2B). El índice centromérico medio fue de 42,38 situando a los cromosomas en la categoría de metacéntricos. El cariotipo es unimodal por la uniformidad en el tamaño cromosómico, justificado por el valor del índice de asimetría intercromosómica $A_2 = 0,14$. El índice de asimetría intracromosómica indica un cariotipo simétrico con $A_1 = 0,24$ (Tabla 2).

El diagrama de dispersión fue realizado comparando nuestros resultados con los valores obtenidos por Mosti *et al.* (2011). En *Rebutia* los rangos observados en A_1 fueron de 0,24 en *R. pygmaea* (R. Fries) Britton & Rose y *R. krainziana* hasta de 0,41 en *R. raulii* Rauschy. Esta última especie mostró el valor de A_2 más bajo (0,11) mientras que a *R. major* (Rausch) Sída le corresponde valor

superior (0,30). Los taxones con índices de asimetría más afines a ambas especies estudiadas en este trabajo son *R. pygmaea* (A_1 0,24 y A_2 0,14) y *R. leucanthema* Rausch (A_1 0,32 y A_2 0,14) (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Todos los recuentos efectuados en *Rebutia* se ajustan al número básico $x = 11$ propuesto para las Cactáceas (Cota y Wallace 1995, 1996; Das y Das 1998; Das, Mohanty, Das, 2000; Negrón-Ortiz, 2007; Ortolani *et al.*, 2007; Castro, 2008; Andrada, Páez, Lozzia, Muruaga, Cristóbal, 2009; Andrada, Lozzia, Páez, Muruaga, 2011; Mena *et al.*, 2011, Moreno *et al.*, 2011; Mosti *et al.*, 2011). En la bibliografía los autores mencionaron taxones diploides con $n = 11$ ($2n = 22$) como, por ejemplo, *R. minuscula*, *R. steinbachii* (Werderm.) Backeb., *R. violaciflora* K. Schum. y *R. leucanthema*, como así también se menciona taxones tetraploides con $n = 22$ ($2n = 44$), entre ellos se mencionan a *R. kupperiana* Boed., *R. spegazziniana* Backeb., *R. pygmaea*, *R. raulii*, *R. steinmannii* (Solms) Britton & Rose, *R. major*, *R. diersiana* Rausch, *R. haagii* Friè & Schelle y *R. gavazzii* Mosti (Ross, 1981; Mosti *et al.*, 2011). Aunque la bibliografía menciona recuentos cromosómicos de $n = 11$ para *Rebutia minuscula*, los autores no especificaron la categoría infraespecífica (subespecie, variedad, etc.) en la cual se realizaron los recuentos cromosómicos; no obstante, el número citado por ellos es concordante con nuestros recuentos de $2n = 22$ para *R. minuscula* subsp. *wessneriana* de Jujuy (Argentina), los cuales serían inéditos para esta subespecie. *R. krainziana* también presentó $2n = 22$ cromosomas y son los primeros recuentos cromosómicos llevados a cabo en la especie.

En ambos taxones analizados el cariotipo es simétrico y la mayoría de sus cromosomas son metacéntricos, coincidiendo con los antecedentes para la familia (Grimaldo-Juárez, García-Velázquez, Ortíz-Cerecere, Ruíz-Posadas, 2001).

Las investigaciones cariológicas de Mosti *et al.* (2011) mostraron que los cariotipos

Tabla 1. Parámetros morfométricos de los cromosomas de *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana*.

Par cromosómico	c (μm) ± ES	l (μm) ± ES	s (μm) ± ES	Ic %	Tipo cromosómico
<i>R. krainziana</i>					
1	2,26 ± 0,03	1,29 ± 0,03	0,97±0,005	42,92	m
2	2,18 ± 0,01	1,22 ± 0,07	0,96 ± 0,05	44,03	m
3	2,16±0,004	1,17 ± 0,07	0,99 ± 0,05	45,83	m
4	1,98 ± 0,02	1,11 ± 0,07	0,87 ± 0,1	43,93	m
5	1,91±0,003	1,01 ± 0,01	0,90 ± 0,02	47,12	m
6	1,89±0,008	1,14±0,004	0,75 ± 0,01	39,68	m
7	1,81 ± 0,04	0,96±0,02	0,85 ± 0,01	46,96	m
8	1,64 ± 0,01	1,01±0,004	0,63 ± 0,01	38,41	m
9	1,24 ± 0,17	0,64 ± 0,09	0,60 ± 0,08	48,38	m
10	1,56 ± 0,23	1,00 ± 0,10	0,56 ± 0,07	35,89	sm
11	1,54 ± 0,06	1,01 ± 0,01	0,53 ± 0,05	34,41	sm
<i>R. minuscula</i> subsp. <i>wessneriana</i>					
1	2,68 ± 0,05	1,47 ± 0,03	1,21 ± 0,04	45,15	m-sat
2	2,45 ± 0,03	1,35 ± 0,04	1,10 ± 0,02	44,90	m
3	2,31 ± 0,04	1,30 ± 0,03	1,01 ± 0,03	43,72	m
4	2,19 ± 0,03	1,22 ± 0,03	0,97 ± 0,03	44,29	m
5	2,05 ± 0,05	1,24 ± 0,06	0,81 ± 0,06	39,51	m
6	2,00 ± 0,06	1,19 ± 0,05	0,81 ± 0,06	40,50	m
7	1,99 ± 0,04	1,17 ± 0,03	0,82 ± 0,02	41,21	m
8	1,92 ± 0,04	1,07 ± 0,03	0,85 ± 0,03	44,27	m
9	1,80 ± 0,04	1,06 ± 0,04	0,74 ± 0,04	41,11	m
10	1,81 ± 0,06	1,06 ± 0,06	0,75 ± 0,01	41,44	m
11	1,62 ± 0,09	0,97 ± 0,09	0,65 ± 0,04	40,12	m

Referencias: *Longitud cromosómica total media (c). Longitud media del brazo largo (l). Longitud media del brazo corto (s). Índice centromérico medio (Ic). Metacéntrico (m). Submetacéntrico (sm). Error estándar (ES).

Tabla 2. Parámetros cariotípicos de *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana*.

Parámetros	<i>R. krainziana</i>	<i>R. minuscula</i> subsp. <i>wessneriana</i>
2n	22	22
Formula cariotípica	20 m+ 2 sm	22 m
TCL* (µm)	18,37	22,97
c *(µm)	1,67	2,09
c max.* (µm)	2,26	2,68
c min.* (µm)	1,54	1,62
Ic*	42,55	42,38
A1*	0,24	0,24
A2*	0,16	0,14

Referencias: Longitud total del complemento (TCL). Longitud cromosómica media (c). Longitud cromosómica máxima y mínima (c max., c min.). Índice centromérico medio (i). Índice de asimetría intracromosómica (A1). Índice de asimetría intercromosómica (A2). Metacéntrico (m). Submetacéntrico (sm).

de las *Rebutia* fueron bastante simétricos y que sus índices de asimetría presentaban variaciones significativas ($A_1 = 0,24-0,41$ y $A_2 = 0,11-0,30$). Al comparar los índices de asimetría A_1 y A_2 entre *Rebutia krainziana* y *R. minuscula* subsp. *wessneriana* con los taxones estudiados por Mosti *et al.* (2011), bajo los nombres de: *Rebutia pygmaea* (R. E. Fr.) Britton & Rose, *R. gavazzii* Mosti, *R. haagei* Friè & Schelle, *R. diersiana* Rausch, *R. steinmannii* (Solms) Britton & Rose, *R. major* (Rausch) Šída, *R. raulii* Rausch y *R. leucanthema* Rausch., es evidente que *R. pygmaea* junto con *R. leucanthema* presentan los índices con valores más similares a los obtenidos en nuestros resultados, como lo muestra el diagrama de dispersión (Fig. 3). Citogenéticamente hablando, de los taxones

estudiados por Mosti *et al.* (2011) *R. pygmaea* podría considerarse el más relacionado con *R. minuscula* subsp. *wessneriana*, debido a que presentan idénticos valores ($A_1=14$ y $A_2=24$). Por otro lado, *R. leucanthema* es la única que comparte la característica de ser diploide, mostradas por la mayoría de las especies del género *Rebutia*.

Por otro lado, Muruaga (2014) sobre la base de un extenso trabajo de campo, revisión de material de herbario, materiales tipos y análisis de protólogos no incluye dentro de su estudio taxonómico en *Rebutia* a las especies consideradas por Mosti *et al.* (2011). Además de caracteres vegetativos, reproductivos y ambiente donde crecen, sumados a otros aspectos, que se detallan en el Apéndice I.

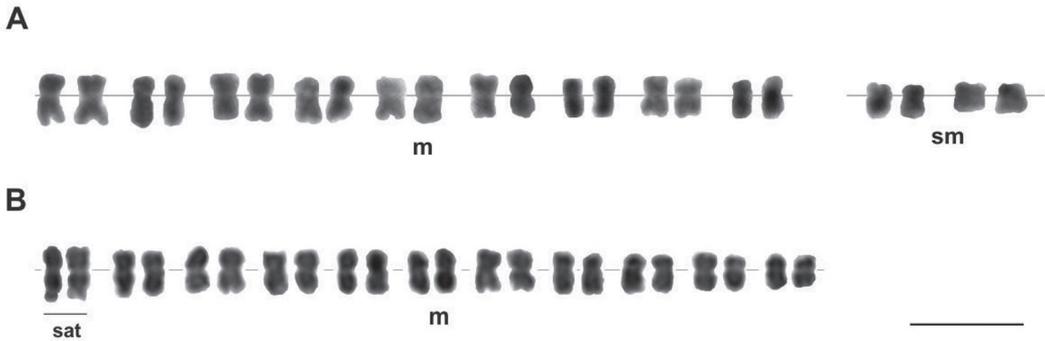


Fig. 2. Cariograma. A) *Rebutia krainziana*. B) *R. minuscula* subsp. *wessneriana*. Escala 5 μ m. Sat = satélites.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de $2n = 22$ en ambos taxones coincide con el número básico $x = 11$ propuesto para la familia. Las dos especies analizadas son diploides, pudiéndose diferenciar entre sí por sus disímiles fórmulas cariotípicas, longitudes cromosómicas y presencia de satélite en los cromosomas de una de ellas, apoyando las diferencias morfológicas observadas.

La escasa información citogenética en el género es notoria, ya que del total de especies (257, incluyendo las sinonimias) solamente hay recuentos cromosómicos para aproximadamente el 7,5% de ellas y un número mucho menor para el cual se estimaron los cariotipos (4,5%). Esto puede deberse a que es problemático la obtención células en división a partir de raíces; como así también, según los autores, los diferentes criterios de clasificación taxonómica.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Este estudio fue apoyado por la Fundación Miguel Lillo, en el marco de los proyectos CUP-B0013-1 y CUP-B0017-1 (Miguel Lillo 251, T4000JFE, Tucumán).

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, E. F. (2001). The Cactus Family. Oregon, USA: Timber Press.
- Andrada A. R., Páez, V. de los A., Lozzia, M. E., Muruaga, N. B. y Cristóbal, M. E. (2009). Estudios meióticos en *Echinopsis silvestrii* (Cactaceae, Cactoideae). *Serie Monográfica y Didáctica* 48: 153.
- Andrada, A. R., Lozzia, M. E., Páez, V. de los A. y Muruaga, N. B. (2011). Caracterización citológica de *Rhypsalis lumbricoides* (Cactaceae-Cactoideae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46 (suplemento): 50.
- Andrada, A. R., Páez, V. A., Lozzia, M. E. y Muruaga, N. B. (2012). Estudios citológicos en *Echinopsis albispinosa* (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Latinoamérica y del Caribe de Cactus y Suculentas* 9: 33-37.
- Barthlott, W. y Hunt, D. R. (1993). Cactaceae. En: Kubitzki, K. (ed.), The families and genera of vascular plants (pp. 161-197). Berlin: Springer-Verlag Publisher.
- Castro, J. P. (2008). Números cromossómicos em espécies de Cactaceae ocorrentes no Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba-Centro de Ciências Agrárias, Areia.
- Cota, J. H. y Wallace, R. S. (1995). Karyotypic studies in the genus *Echinocereus* (Cactaceae) and their taxonomic significance. *Caryologia* 48: 105-122. doi.org/10.1080/00087114.1995.10797321.
- Cota, J. H. y Wallace, R. S. (1996). La citología y la sistemática molecular en la familia Cactaceae. *Cactaceas y succulentas mexicanas* 41: 27-46.
- Das, A. B. y Das, P. (1998). Nuclear DNA content and chiasma behaviour in six species of *Gymnocalycium* Pfeff. of the family Cactaceae. *Caryologia* 5: 159-165. doi.org/10.1080/00087114.1998.10589130.
- Das, P., Mohanty, S. y Das, A. B. (2000). Interspecific variations in the chiasma

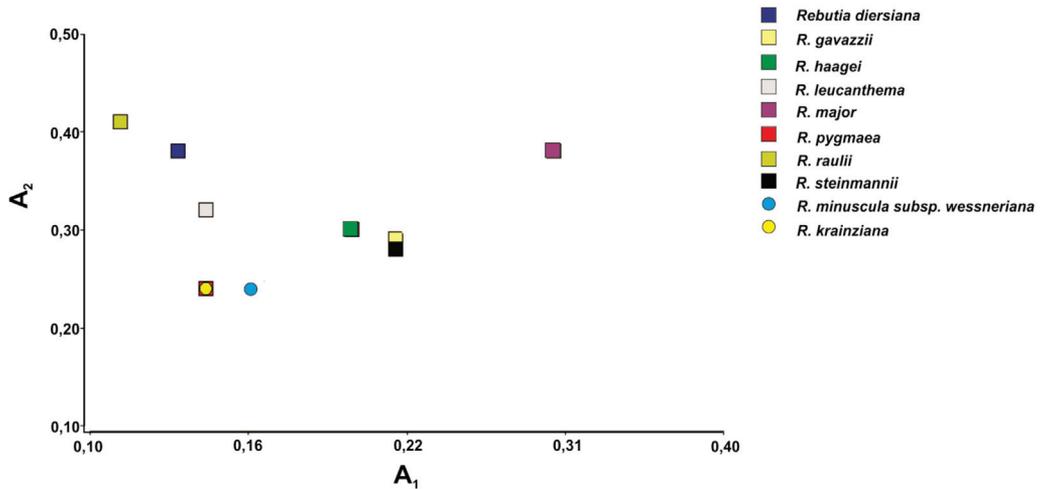


Fig. 3. Diagrama de dispersión comparativo entre los índices de asimetría intracromosómico A_1 e intercromosómico A_2 en el género *Rebutia*.

- frequency and nuclear DNA content in some species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Caryologia* 53: 159-162. doi.org/10.1080/00087114.2000.10589191.
- Grimaldo-Juárez, O., García-Velázquez, A., Ortíz-Cerecere, J. y Ruíz-Posadas, L. M. (2001). Características cariotípicas de seis genotipos de Pitahaya (*Hylocereus* spp.). *Revista Chapingo serie Horticultura* 7: 177-195.
- Kiesling, R. y Ferrari, O. E. (2005). 100 Cactus Argentinos. Albatros ediciones, Buenos Aires, Argentina.
- Kiesling, R., Larroca, L., Faúndez, J., Faúndez, D., Metzging, D. E. y Albesiano, S. (2008). Zuloaga, F. O., Morrone, O. y Belgrano, M. J. (eds.). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107: 1711-1830.
- Kiesling, R., Saravia, M., Oakley, L., Muruaga, N., Metzging, D. y Novara, L. (2011). Flora del Valle de Lerma. Cactaceae Juss. *Aportes Botánicos de Salta* 10: 1-103.
- Kiesling, R., Oakley, L. J., Metzging, D., Muruaga, N., Albesiano, A. S., Korotkova, N., Huaylla Limachi, L. y Quispe, N. (2014). Cactaceae. En: P.M., Jorgensen, M. Nee y S. Beck (eds.). *Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia*. Vol. 1. (pp. 443-471). St Louis: Missouri Botanical Garden Press.
- Levan, A., Fredga, K. y Sanberg, A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 205-220.
- Mena, M., Mercado-Ruaro, P., Olaide, G. y Scheinvar, L. (2011). Distribución y niveles de ploidía de los nopales "*Opuntia* spp." (Cactaceae) de Nayarit y Colima, México. *Basic & Applied Genetics* 41 (suplemento): 133-134.
- Moreno, N., Las Peñas, M. L., Kiesling, R. y Bernardello, G. (2011). Cariotipos, heterocromatina y localización de genes ribosómicos en cactus epífitos (Rhipsalideae, Cactaceae). *Basic & Applied Genetics* 41 (suplemento): 133-134.
- Mosti, S., Fiorini, G. y Papini, A. (2011). Karyological investigations on several species of genus *Rebutia* Sect. *Digitorebutia* (Cactaceae). *Caryologia* 64: 350-359. doi.org/10.1080/00087114.2011.10589802
- Muruaga, N. B. (2014). Taxonomía del género *Rebutia* (Cactaceae). (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Argentina.
- Negrón-Ortiz, V. (2007). Chromosome numbers, nuclear DNA content, and polyploidy in *Consolea* (Cactaceae), an endemic cactus of the Caribbean Islands. *American Journal of Botany* 94: 1360-1370. doi.org/10.3732/ajb.94.8.1321
- Nyffeler, R. (2002). Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from *trnK/matK* and *trnL-trnF* sequences. *American*

- Journal of Botany* 89: 312-326. doi.org/10.3732/ajb.89.2.312
- Ortega Báez, P., Sühring, S., Sajama, J., Sotola, E., Alonso Pedano, M., Bravo, S. y Godínez Álvarez, H. (2010). Diversity and conservation in the cactus family. En: Ramawat K.G. (ed.). *Deserts Plants* (pp. 157-163). Berlin: Springer-Verlag Publisher.
- Ortolani, F. A., Mataquero, M. F. y Moro, J. R. (2007). Caracterização citogenética em *Schlumbergera truncata* (Haworth) Moran e *Schlumbergera buckleyi* (T. Moore) Tjaden (Cactaceae). *Acta Botanica Brasilica* 21: 361-367.
- Páez, V. A., Andrada, A. R. y Muruaga N. B. (2013). Análisis citogenético y viabilidad de polen en *Rhipsalis lumbricoides* (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactus y Suculentas* 10 (2): 16-20.
- Reeves, A. (2001). MicroMeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. *Genome* 44: 439-443. doi.org/10.1139/g01-037.
- Romero Zarco, C. (1986). A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon* 35: 526-530. doi: 10.2307/1221906
- Ross, R. (1981). Chromosome counts, cytology and reproduction in the Cactaceae. *American Journal of Botany* 68 (4): 463-470. doi.org/10.1002/j.1537-2197.1981.tb07790.x
- Schumann, K. (1898). *Gesamtbeschreibung der kakteen* (monographia cactearum). Verlag von J. Neumann, Neudamm, Germany.
- Wallace, R. S. (1995). Molecular systematic study of the Cactaceae: using chloroplast DNA variation to elucidate cactus phylogeny. *Bradleya* 13: 1-12. doi:10.25223/brad.n13.1995.a1

Apéndice I. Caracteres vegetativos, reproductivos y ambiente donde crece *Rebutia* "sensu stricto" de acuerdo a Muruaga (2014).

<i>Rebutia</i> sp. "sensu stricto" Muruaga (2014)	<i>Rebutia</i> sp. "sensu lato" Incluye las especies de Mosti <i>et al.</i> (2011)
- tallos generalmente globosos-deprimidos a cilíndricos hasta de 8 cm de diámetro	- tallos generalmente cilíndricos hasta de 4 cm de diámetro
- costillas disueltas en mamelones, surcos intercostales poco notables	- costillas bien definidas con notables surcos intercostales
- flores infundibuliformes	- flores generalmente acampanadas
- receptáculo con escamas triangulares a anchamente	- receptáculo floral con escamas angostas lineares
- aréolas florales del pericarpelo glabras, glabrescente o con pelos cortos y cerdas	- aréolas florales del pericarpelo con numerosos pelos largos y cerdas
- habitan en ambientes generalmente húmedos sombreados, sobre todo en verano	- crecen en ambiente de puna, secos e insolados