



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
FACULTAD DE CIENCIAS

**VARIACIÓN MORFOLÓGICA DEL  
GÉNERO *Nerisyrenia* (*Brassicaceae*)  
Y SU DISTRIBUCIÓN.**

Tesis

Que para obtener el  
título de **BIÓLOGO**



PRESENTA:  
**ANGÉLICA ESTHER  
VÁZQUEZ CERVANTES**

DIRECTOR DE TESIS:  
**DRA. MARÍA HILDA  
FLORES OLVERA**

Ciudad Universitaria, CD. MX. 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*Necessarily, one must proceed with extreme  
caution in attempting to segregate discordant  
elements from such species.*

*R. C. Rollins, 1941*

*Blackbird singing in the dead of night,  
take these broken wings and learn to fly,  
all your life  
you were only waiting for this moment to arise.*

*J. Lennon & P. McCartney, 1968*



## *Agradecimientos*

A la Dra María Hilda Flores Olvera, directora de este proyecto, gracias por todo el esfuerzo y herramientas brindadas para la generación de este género sorprendentemente enigmático.

A la Dra Helga Ochoterena, por sus años como maestra e intensa enseñanza de la sistemática y botánica hacia mi persona. Por sus comentarios para mejorar y su inagotable forma de transmitir sus conocimientos

Al Dr. Mike Moore, por su admirable paciencia, alegría y apoyo en campo, por brindar los recursos, tiempo y aprendizajes para el desarrollo de este proyecto.

A mi jurado, Dra Rasaura Grether, Dra Martha Juana Martínez, Dra Helga Ochoterena y el Dr Alfonso Delgado, por la atenciones brindadas, por fortalecer este trabajo, por la paciencia y calma para explicarme toda y cada una de las peticiones o dudas tanto de manera presencial como virtualmente.

Al M. en C. Enrique Ortiz, por su inmensa ayuda en la realización de los códigos R y su apoyo en la cuestión estadística de esta tesis, gracias por la perseverancia y gran forma de explicar los multivariados. A la Biól. Susana Guzman, por tanto apoyo, lecciones, paciencia y calidez para generar todas las fotos del proyecto.

A miembros del Instituto de Biología, como M.en C. Carlos por su apoyo y preocupación en todo momento, todos los técnicos del herbario nacional MEXU: Biól. Gilda, M. en C. M. en C Maru, Martha, Dra. Angélica, y M. en C Alberto por hacer mi estancia en el servicio social muy enriquecedora y divertida.

A todas las instituciones que permitieron la realización de este trabajo, las atenciones y herramientas dadas: Instituto de Biología UNAM, Herbario nacional MEXU y TEX/LL University of Texas at Austin.

### ***Agradecimientos personales***

A Daniel, por abrazarme en cada momento que me quería rendir, por limpiar varias lágrimas y por presionarme para dar lo mejor de mí, por estar presente en cada momento y decidir compartir una vida conmigo. Gracias, por buscar información para auxiliarme, resolver todas mis dudas de edición y sumarte a descubrir sobre la botánica *mexicana*. Por ayudarme a crecer en muchos aspectos y mantenerme firme en otros. Por todo el amor que me has brindado, las risas y por la vida que queremos juntos.

A mis papás, que anhelaban tanto la finalización de este proceso. Gracias por su crianza, por el amor expresado en cualquier momento posible, por entenderme, escucharme, apoyarme y brindarme perseverancia y buena actitud para cualquier porvenir.

A mi mamá, le agradezco la fortaleza que siempre ha tenido y sus ganas de salir adelante ante cualquier desafío. Por llegar a comprenderme a un nivel tan hermoso, que es imposible explicarlo en letras. Gracias, por los cuidados, desayunos, lunch escolar, beso de buenas noches, abrazo bonito, eternas pláticas, risas y clases compartidas. Por impulsarme en la docencia y por siempre creer en mí.

A mi papá, por fomentar la pasión ante todo, por consultar conmigo cualquier duda de botánica y trabajar en equipo. Por enseñarme a pensar, analizar, siempre dar de más, a desafiarme en cada momento, por enseñarme a apreciar la simplicidad de la naturaleza y desarrollar mi curiosidad científica. Por todo el amor, la paciencia y la música compartida.

A la Dra Hilda, que a lo largo de estos años, siempre me ha apoyado, por impulsar este proyecto, por la perseverancia, la calma y la entereza hacia mi persona. Por contagiarme con su inmenso amor y dedicación a la botánica. Por su apoyo incondicional y sinceridad hasta el último momento.

A mis hermanos, por sus risas, por la unión y crecimiento que hemos tenido, por entenderme y acompañarme en mis aventuras, rasquen sus dientes. Pepe (oru), gracias por ser tal y como eres, por tus sabias palabras y juegos interminables, por tu inmenso amor. Jav (huanz), por tu cariño incondicional, paciencia. Gracias siempre por escucharme, por comprenderme y entender cuando estaba perdida o asustada.

A toda mi familia, Abuela Pata, Connie, Abuela Alma, a mis tíos Pepe, Lulú, Pedro, Loli, Alma, Hugo, Lenus, Memo, Rosi, Peggy, Rafa, Carlos, Luis Alonso, Adrián, José Luis, Melina, Jorge, Evelin, Guillermo y Aida y a todos mis primos, por sus abrazos, su apoyo, por el amor que siempre he recibido.

A mi nueva familia Tere, Emilio, Abuelita Juana, Lito, Esther y Cirilo por la hermosa calidez y cariño que me brindaron desde el primer día.

A todas las amistades formadas, los abrazo, los admiro y los quiero: Tania, Ilse, Dianita, Andi, Tocatita, Gaby, Lalo, Fani, Alito, Clau, Ponce de León Fani, Memo, Isa, Vicky, Luigi, Tole, Lupita, Cipa, Gus, Juan Carlos, Ana Karen, Dea, Edsel, Midori, Tey, Akemi, Oso, Alexa, Armando Zitta, Celic, Jose Antonio, Octavio y Bety.

A Tania (Pequeña), por responder al momento a cada llamado de auxilio tanto académico y personal. Por enseñarme que una amistad se cuida al escribirle, al hablar, al comer juntas, al recordar ayer, al pensar y mantener tus ideales, al distanciarse y regresar. Por abrirme las puertas de su casa, por su nobleza que vale oro y ayudarme en los momentos cuando más perdida estaba.

A mis amigos del instituto, Ale, Meli, Ceci, Nidis, Alberto, Luis, Biaanni, María, Darinka, Diana, Eunice y Carmen, por todos los buenos momentos en campo y en los cubículos, por sus ánimos y sus hermosas sonrisas cada vez que no encontramos.

A mi maestra de fotografía Carmen Loyola, por su ayuda, comentarios y cariño.

A mis profesores de carrera, que además disfrutaban de las clases, mi gran admiración, me enseñaron que la biología es un universo de patrones biológicos por entender: Sol, Paula S. Rosita F. Ernesto, Alejandro, (paleo), Benavides, Alya Ramos y Julieta J .

A Harry Cervantes, profesor de secundaria que gracias a él, conocí la biología desde pequeña y de ahí no me moví.

# ÍNDICE

<b>Resumen .....</b>	<b>16</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
1.1. El género <i>Nerisyrenia</i> Greene. ....	18
1.2. Historia taxonómica de <i>Nerisyrenia</i> .....	19
1.3. Tratamientos florísticos de <i>Nerisyrenia</i> .....	20
1.4. Distribución de <i>Nerisyrenia</i> .....	21
1.5. Suelos yesosos en el Desierto Chihuahuense .....	23
1.6. Estadística básica: herramienta para la exploración de datos .....	23
1.7. Análisis multivariados: Uso de la morfometría en la taxonomía .....	24
1.7.1. Análisis de componentes principales (PCA) .....	24
1.7.2. Análisis de conglomerados (CA) .....	24
1.7.3. Análisis discriminante lineal (LDA) .....	25

<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1. Consulta de herbarios .....	28
3.2. Salida de campo al Desierto Chihuahuense .....	28
3.3. Estudio de la variación morfológica del género <i>Nerisyrenia</i> (I) .....	28
3.3.1. Especies consideradas .....	28
3.3.2. Selección de caracteres morfológicos .....	28
3.3.3. Toma de medidas .....	33
3.3.4 Estadística básica .....	33
3.3.5. Análisis multivariados .....	34
3.4. Elaboración de mapas de distribución (II) .....	35

<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
4.1. Estadística básica .....	37
4.2. Correlación de Pearson .....	54
4.3. Análisis multivariados .....	60
4.3.1. Análisis de Componentes Principales (PCA) .....	60
4.3.2. Análisis de conglomerados (CA) .....	69
4.3.3. Análisis discriminante lineal (LDA). .....	73
4.4. Distribución geográfica de <i>Nerisyrenia</i> .....	81
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>86</b>
5.1. Discusión de caracteres .....	86
5.2. Discusión de la correlación .....	89
5.3. Discusión del análisis de componentes principales. ....	89
5.4. Discusión del análisis de conglomerados .....	90
5.5. Discusión del análisis de discriminantes lineal .....	97
5.6. Discusión de la distribución geográfica de <i>Nerisyrenia</i> . ....	99
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>102</b>
<b>7. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>106</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	
Extensión aproximada del Desierto Chihuahuense .....	21
<b>Figura 2.</b>	
Mediciones en un ejemplar de <i>Nerisyrenia camporum</i> . .....	31
<b>Figura 3.</b>	
Forma de medición del sépalo (S1) primera medición y (S2) segunda medición.....	32
<b>Figura 4.</b>	
Diagrama de caja de la variación del largo de la hoja de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros. ....	39
<b>Figura 5.</b>	
Diagrama de caja de la variación del ancho de la hoja de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros .....	41
<b>Figura 6.</b>	
Diagrama de caja de la variación del largo del pedúnculo de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros.....	42
<b>Figura 7.</b>	
Diagrama de caja de la variación del largo de la inflorescencia de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros. ....	43
<b>Figura 8.</b>	
Diagrama de caja de la variación del largo del pedicelo de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros. ....	45
<b>Figura 9.</b>	
Diagrama de caja de la variación del largo del sépalo de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> en milímetros. ....	46

**Figura 10.**

Diagrama de caja de la variación del largo del  
pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros .....47

**Figura 11.**

Diagrama de caja de la variación del ancho del  
pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....48

**Figura 12.**

Diagrama de caja de la variación del largo del  
botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....49

**Figura 13.**

Diagrama de caja de la variación del ancho del  
botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....50

**Figura 14.**

Diagrama de caja de la variación del largo del  
fruto de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....51

**Figura 15.**

Diagrama de caja la variación del ancho del fruto  
de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....52

**Figura 16.**

Diagrama de caja de la variación del largo del estilo  
de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....53

**Figura 17.**

Correlación entre el ancho y el largo del  
botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....55

**Figura 18.**

Correlación entre el largo del sépalo y del pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros. ....57

**Figura 19.**

Correlación entre el largo del pétalo y el ancho del pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....57

**Figura 20.**

Correlación entre el largo del pétalo y el largo del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....57

**Figura 21.**

Correlación entre el largo del pétalo y ancho del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....58

**Figura 22.**

Correlación entre el largo del sépalo y ancho del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....59

**Figura 23.**

Primeros componentes principales de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....60

**Figura 24.**

Muestra de los vectores de las 12 variables a analizar de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. ....62

**Figura 25.**

Primeros componentes principales con las dos morfoespecies con mayor número de individuos. ....63

**Figura 26.**

Primeros componentes principales con las morfoespecies con un número menor de individuos de *Nerisyrenia*. ....65

**Figura 27.**

Primeros componentes principales con las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia*. ....67

<b>Figura 28.</b>	
Dendograma de las doce morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> .....	70
<b>Figura 29.</b>	
Dendograma de las doce morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> .....	71
<b>Figura 30.</b>	
Dendograma del complejo <i>Nerisyrenia linearifolia</i> .....	72
<b>Figura 31.</b>	
Dos primeras funciones discriminantes de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> .....	73
<b>Figura 32.</b>	
Dos primeras funciones discriminantes de	
<i>Nerisyrenia camporum</i> , <i>N. johnstonii</i> y <i>N. linearifolia</i> .....	74
<b>Figura 33.</b>	
Dos primeras funciones discriminantes de 10	
especies de las morfoespecies de <i>Nerisyrenia</i> .....	77
<b>Figura 34.</b>	
Dos primeras funciones discriminante del complejo <i>Nerisyrenia linearifolia</i> .....	79
<b>Figura 35.</b>	
Distribución del género <i>Nerisyrenia</i> .....	81
<b>Figura 36.</b>	
Distribución de <i>Nerisyrenia camporum</i> y <i>N. linearifolia</i> .....	83
<b>Figura 37.</b>	
Distribución de <i>N. castillonii</i> , <i>N. gracilis</i> , <i>N. incana</i> y <i>N. mexicana</i> .....	85
<b>Figura 38.</b>	
<i>Nerisyrenia baconiana</i> , <i>N. gypsophila</i> , <i>N. hypercorax</i> ,	
<i>N. johnstonii</i> , <i>N. powellii</i> y <i>N. turneri</i> .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

### Tabla 1.

Especies de *Nerisyrenia* reconocidas por los diferentes autores. ....20

### Tabla 2.

Caracteres utilizados para el estudio morfométrico de *Nerisyrenia* .....29

### Tabla 3.

Medias  $\bar{x}$  de cada carácter de las morfoespecies de *Nerisyrenia* todas en milímetros. ....38

### Tabla 4.

Medias  $\bar{x}$  de cada carácter de las morfoespecies de *Nerisyrenia* todas en milímetros. ....39

### Tabla 5.

Valor r de cada variable por variable de las morfoespecies de *Nerisyrenia* Las correlaciones marcadas en naranja claro. ....54

### Tabla 6.

Coefficientes de los tres primeros componentes de las morfoespecies de *Nerisyrenia*, en letras negritas los de mayor peso por variable. ....61

### Tabla 7.

Coefficientes de los tres primeros componentes de *Nerisyrenia camporum* y *N. linearifolia*, en letras negritas los de mayor peso por variable. ....64

### Tabla 8.

Coefficientes de tres componentes principales con las morfoespecies con un número menor de individuos de *Nerisyrenia*. En negritas los valores altos.....66

### Tabla 9.

Coefficientes de los tres primeros componentes principales de los 12 caracteres con las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia*. ....68

**Tabla 10.**

Coefficientes de tres funciones discriminantes De las morfoespecies de *Nerisyrenia*. .....74

**Tabla 11.**

Probabilidad de cada morfoespecie de *Nerisyrenia* en la predicción conforme a la etiqueta asignada. ....74

**Tabla 12.**

Coefficientes de tres funciones discriminantes de *Nerisyrenia camporum*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*. .....76

**Tabla 13.**

Probabilidad de cada morfoespecie en la predicción de *Nerisyrenia camporum*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*. .....76

**Tabla 14.**

Coefficientes de tres componentes principales de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. En negritas los valores altos. ....78

**Tabla 15.**

Probabilidad de cada morfoespecie de *Nerisyrenia* en la predicción. ....78

**Tabla 16.**

Coefficientes de las dos únicas funciones discriminantes del complejo *Nerisyrenia linearifolia*. En negritas los valores altos. ....80

**Tabla 17.**

Probabilidad de cada morfoespecie del complejo *Nerisyrenia* en la predicción. ....80

**Tabla 18.**

Comparación de las características de las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia* (Bacon, 1978; Turner, 1993; Fuentes, 1995). ....96

## Resumen

El género *Nerisyrenia* (*Brassicaceae*), restringido al Desierto Chihuahuense, con marcada afinidad a suelos yesosos, tiene una complejidad taxonómica que ha dado lugar históricamente al reconocimiento de doce especies, que han sido reducidas a siete, ocho, nueve o diez con dos o tres subespecies. En el único estudio monográfico del género que se ha publicado, se reconocen nueve especies con tres subespecies y se destaca la poliploidía como factor de la variación morfológica que dificulta la circunscripción taxonómica. Esta propuesta taxonómica no ha sido aceptada por la comunidad científica y se han propuesto alternativas para la circunscripción de especies y taxones infraespecíficos. Con el objetivo de estudiar la variación morfológica en el género y evaluar diferencias cuantitativas de caracteres morfológicos de utilidad taxonómica potencial, se midieron 12 caracteres cuantitativos, de 408 especímenes de herbario, ordenados en 12 morfoespecies. Los 12 caracteres se analizaron estadísticamente, obteniendo la variación (rango, media y desviación estándar) por morfoespecie. Los datos obtenidos se analizaron mediante los métodos de componentes principales, conglomerados y discriminante lineal. También se hicieron mapas de distribución, para ubicar áreas de simpatria, de diversidad y de distribución restringida.

Los resultados muestran una gran variación de los 12 caracteres, pero particularmente en el largo de la hoja, del pedúnculo, de la inflorescencia, del pedicelo, del sépalo, del pétalo, del fruto y el ancho del botón. Resalta el rango de variación de algunos caracteres como el ancho de la hoja y el largo del pedúnculo en *N. camporum*, *N. castillonii* y *N. incana*; el ancho del pétalo en *N. camporum* y *N. incana*; el largo del botón y ancho del fruto en *N. incana*. Las morfoespecies que tienen mayor variación en los caracteres y que se traslapan son: *N. camporum* (ancho del pétalo, de la hoja, del botón, largo del botón, del raquis de la inflorescencia, del fruto, de la hoja, del pétalo, del sépalo y del pedicelo), *N. castillonii* (largo del pedúnculo y del estilo), *N. incana* (ancho del fruto, del botón, largo, del estilo, de la inflorescencia, del pedúnculo), *N. linearifolia* (largo de la inflorescencia, del pétalo, de la hoja). Las morfoespecies que tienen menor variación son *N. baconiana* y *N. gypsophila*, de las que sólo se estudiaron menos de 10 ejemplares, lo que limita el estudio de su variación. Se sugieren dos grupos de especies, uno con hojas angostas de 0.08-3.4 mm, con flores pequeñas, de 0.9-12.7 x 0.6-5.2 mm, estilos cortos de 1.3-3.7 mm y frutos angostos, de 0.3-2.8 mm conformado por *N. baconiana*, *N. gracilis* (= *N. turneri*), *N. mexicana* y *N. linearifolia*. El segundo grupo tiene hojas anchas de 1-10

(-22.06) mm, flores grandes, de 2.1-15.2 x 0.5-8.4 mm, estilos largos de 2.3-5.7 mm y frutos anchos de 0.6-5.9 mm y está conformado por *N. castillonii* (= *N. powellii*), *N. camporum*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, y *N. johnstonii*. Reevaluando la variación de estos caracteres y otros cualitativos, sugeridos por diversos autores, en este trabajo se reconocen diez especies: *N. baconiana*, *N. camporum*, *N. castillonii* (= *N. powellii*), *N. gracilis* (= *N. turneri*), *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*.

*Nerisyrenia camporum* es la especie con mayor área de distribución, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí en México, así como en Nuevo México y Texas, en Estados Unidos de Norteamérica. Le sigue *N. linearifolia* en Nuevo México, Texas, Nuevo León, Coahuila y Zacatecas, mientras que *N. castillonii* se distribuye en Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. Las demás especies tienen distribución restringida, *N. gypsophila* (Delicias, Chihuahua), *N. baconiana* (Sierra la Paila, Coahuila), *N. hypercorax* (Sierra Guadalupe, Nuevo México) y *N. incana* (Cuatro Ciénegas, Coahuila). Las especies simpátricas son *N. castillonii* y *N. incana*, *N. gracilis* tiene *N. mexicana* y *N. linearifolia*.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. El género *Nerisyrenia* Greene.

El género *Nerisyrenia*, de la familia *Brassicaceae* Burnett, también conocida como *Cruciferae* Jussieu, *nom. cons. et nom. alt.*, que pertenece al orden Brassicales (Stevens, 2001). Dicha familia se distingue por el arreglo diagonal, opuesto, de cuatro pétalos que forman una cruz (Glim-Lacy y Kaufman, 1984). La mayoría de las especies de *Brassicaceae* son herbáceas anuales o perennes, con hojas alternas, sin estípulas, indumento comúnmente en toda la planta (Heywood, 1985). La inflorescencia es generalmente racemosa y raramente bracteada (Fuentes, 1995), el estilo es persistente en la fructificación del gineceo y los granos de polen tienen más de tres colpos (Rollins, 1993). Los frutos, indispensables para la identificación de los géneros y especies (Al-Shehbaz, 1984), pueden ser de tipo silicua (tres veces más larga que ancha) o silícula (tres veces menor el largo que el ancho), que, a su vez, pueden ser comprimidos u obcomprimidos respecto al replum con un falso septo que separa las valvas en el cual se anclan las semillas. *Brassicaceae* agrupa 380 géneros y aproximadamente 3,700 especies (Bailey et al., 2007), distribuidas, según el APG III, en cuatro zonas de mayor diversificación: la Península Arábiga y la Mediterránea, el norte del Continente Americano y el norte de Australia. La región con mayor diversidad es la irano-turca, en la que se distribuyen 530 especies endémicas, siendo la región mediterránea la segunda en diversidad con 290 especies en su mayoría endémicas, y la región norteamericana es la tercera con 677 especies nativas (en su mayoría endémicas) y 39 géneros endémicos (Rollins, 1993). En México, la familia tiene 54 géneros y 223 especies, con 92 variedades (Fuentes, 1995). Rollins (1939) consideró que los géneros con mayor representación en el continente americano son *Arabis* L., *Braya* Sternb. & Hoppe, *Cochlearia* L., *Draba* L., *Erisimum* Neck., *Eutrema* R. Br., *Rorippa* Scop. y *Lesquerella* S. Watson, mientras que los géneros

con pocas especies y limitados a zonas específicas de norteamérica son *Dryopetalon* A. Gray, *Leavenworthia* Torr., *Lyrocarpa* Hook. & Harv., *Nerisyrenia* Greene, *Selenia* Nutt., *Sphaerocardamum* S. Schauer y *Warea* Nutt. (Rollins, 1939).

Ivan M. Johnston (1941) señaló que existe cierta afinidad de la familia *Brassicaceae* por los ambientes yesosos, siendo el género *Nerisyrenia* endémico en la región conocida como Desierto Chihuahuense, uno de los géneros mejor representados en suelos yesosos de México (Johnston, 1941; Fuentes, 1995). En 1993, Rollins publica el libro titulado: *The Cruciferae of Continental North America: Systematics of the Mustard Family from the Arctic to Panama*. En él plantea un amplio panorama de la familia en temas como fitogeografía y taxonomía, incluyendo a *Nerisyrenia* en la tribu Physaria por el polen tricolporado, ya que tiene más colpos respecto al resto de la familia que comprende de uno.

*Nerisyrenia* se distingue por tener hábito perenne o sufrutescente, pubescencia a lo largo de toda la planta, hojas suculentas, de margen entero o con dientes amplios, el fruto es una silicua. En la mayoría de las especies, las flores de color blanco se oxidan y adquieren un color lavanda-morado (Fuentes, 1995). La taxonomía de *Nerisyrenia* es debatible; Bacon (1978) y Fuentes (1995), observaron serios problemas en la variación de caracteres y a su vez, en la delimitación de especies que varía según el autor. Se han descrito 13 especies, 12 de las cuales se han reducido a nueve especies y dos variedades (Bacon, 1978), siete especies y dos variedades (Rollins, 1993), Billie L. Turner (1993) describe dos especies *N. mexicana* = *N. linearifolia* var. *mexicana* y *N. baconiana*, Fuentes (1995) reconoce ocho, Al-Shehbaz (2012) reconoce entre siete a nueve especies o siete y tres variedades (Henrickson y Johnston, 1997).

## 1.2. Historia taxonómica de *Nerisyrenia*

Las primeras colectas de *Nerisyrenia* fueron hechas por Charles Wright en 1849 en San Felipe, Texas, recalcando que los individuos colectados constituían un posible nuevo género, al notar diferencias significativas respecto a *Synthlipsis* A. Gray. Las diferencias señaladas por Wright fueron con relación a la morfología de la flor y del fruto (Rollins, 1939): estigma capitado, pétalos escasamente dilatados en la base, fruto menor de 1 mm de ancho, valvas con margen redondo y más de 40 semillas por fruto. A partir de estas colectas, Asa Gray (1852) describió el género *Greggia*, designando como especie tipo a *Greggia camporum*. Posteriormente, en 1883, Sereno Watson describió otra especie del género a la que nombró *Greggia linearifolia*.

La amplia variación morfológica y las dificultades taxonómicas de *G. camporum* derivaron en la descripción de variedades como *G. camporum* var. *angustifolia* (Coulter, 1890), mientras que M. E. Jones (1985) propuso a *G. linearifolia* como una variedad de *G. camporum*, que no ha sido reconsiderada debido a las diferencias notables en la forma linear de la hoja, largo de estilo y distribución en Estados Unidos (Bacon, 1978). En 1895, Edward Lee Greene encontró que el nombre *Greggia* ya había sido usado para un género de la familia Myrtaceae, y realizó un cambio nomenclatural al género *Parrasia* Greene, reconociendo dos especies: *P. camporum* (A. Gray) Greene y *P. linearifolia* (S. Watson) Greene. Posteriormente, el mismo Greene (1900) concluyó que también *Parrasia* era un homónimo posterior y realizó un nuevo cambio nomenclatural para ambas especies bajo el nombre de *Nerisyrenia*, con dos especies *N. camporum* (A. Gray) Greene y *N. linearifolia* (S. Watson) Greene. Uno de los mayores colectores del género fue Reed Clark Rollins, quién describió en (1939) a *N. incana* de Cuatro Ciénegas, Coahuila y en 1941 a *N.*

*castillonii* de Castillón, Coahuila. En ese mismo año I. M. Johnston (1941) descubrió y describió a *N. gracilis*.

Rollins (1939), publicó una nota en la que resalta las diferencias entre *Nerisyrenia* y *Synthlipsis* con sus respectivas claves de identificación. Para *Nerisyrenia* reconoció tres especies: *N. camporum*, *N. linearifolia* y *N. incana*. En otra publicación Rollins (1941) reconoce a una nueva especie: *N. castillonii* de Castillón, Coahuila. Y posteriormente, Rollins (1993) describió cuatro nuevas especies: *N. powellii* de Química del Rey, Coahuila, *N. gypsophila* de camino a Río Conchos, Chihuahua, *N. johnstonii* de Delicias, Coahuila y *N. turneri* de San Luis Potosí y dos variedades de *N. linearifolia*, var. *linearifolia* y var. *mexicana*. Para esta última especie, Henrickson y Johnston (1997), agregan una nueva variedad (*N. linearifolia* var. *baconiana*).

El único trabajo taxonómico exhaustivo que se ha hecho para el género, lo realizó John Dudley Bacon (1978), con el título *Taxonomy of Nerisyrenia (Cruciferae)*. La monografía incluye observaciones en aspectos citológicos, químicos, comentarios de la distribución de cada especie y su morfología, y postuló posibles relaciones ancestrales con el “Índice de Wagner” y derivó en el reconocimiento de un total de nueve especies y dos variedades (*N. castillonii*, *N. camporum*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. powellii*, *N. linearifolia* var. *linearifolia*, *N. linearifolia* var. *mexicana* y *N. turneri*). Posteriormente, Billie Lee Turner (1993) eleva a especie a *N. linearifolia* var. *baconiana* y a *N. linearifolia* var. *mexicana*, considerando mayor el ancho de la base del fruto para *N. mexicana* y la distribución restringida en la Sierra La Paila, Coahuila para *N. baconiana*.

Recientemente, Patrick Alexander y colaboradores (2013) descubren a *N. hypercorax* en el sistema montañoso de Guadalupe, Nuevo México, EUA, describiéndola como nueva, por el estilo corto y los frutos cortos y crispados.

### 1.3. Tratamientos florísticos de *Nerisyrenia*

En el *Manual of The Vascular Plants of Texas* (Correll y Johnston, 1979), Rollins realizó el tratamiento para *Nerisyrenia* aportando una breve descripción para el género y una clave para dos especies: *N. camporum* y *N. linearifolia*, sin reconocer variedades. En la tesis titulada *La familia Cruciferae en suelos salinos y yesosos de México: Flora y diversidad*, Fuentes (1995), reconoce siete especies sin variedades, tomando en cuenta los trabajos de Bacon (1978) y Turner (1993).

En la *Flora of North America*, Al-Shebaz (2010) considera que el género tiene de siete a nueve especies.

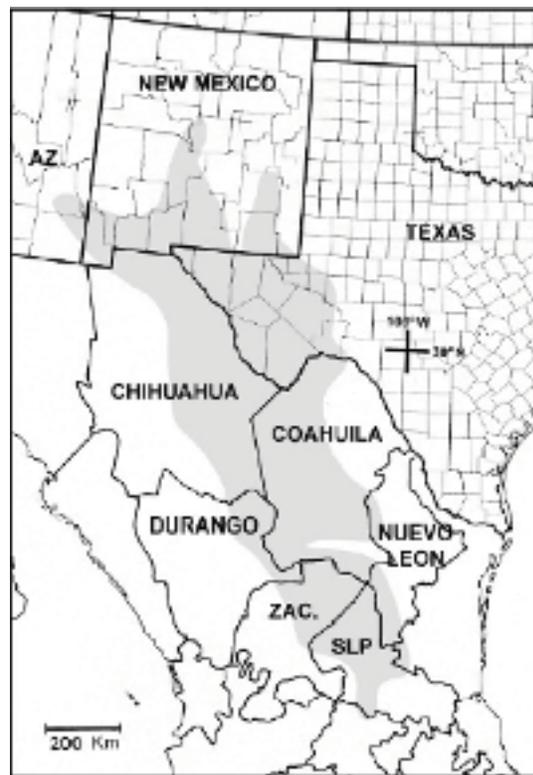
En el tratamiento sólo incluye dos especies sin variedades, que se distribuyen al suroeste de Estados Unidos de América: *N. camporum* y *N. linearifolia*. En el libro titulado *A Flora of The Chihuahuan Desert Region*, James Solberg Henrickson y Marshall Conring Johnston (1997) sugieren hibridación interespecífica y la dificultad para seguir el tratamiento de Bacon (1978). Estos autores reconocen siete especies y tres variedades de *N. linearifolia* (var. *baconiana*, var. *linearifolia* y var. *mexicana*), distribuidas al sur de Nuevo México, el oeste de Texas y el norte de México (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de *Nerisyrenia* reconocidas por los diferentes autores. Ausencia = no es reconocida y ✓ = reconocida por el autor.

Especies	Bacon (1978)	Rollins (1993)	Turner (1993)	Henrickson y Johnston (1997)	Fuentes (1995)
<i>N. baconiana</i>			✓		✓
<i>N. camporum</i>	✓	✓		✓	✓
<i>N. castillonii</i>	✓	✓ = <i>N. powellii</i>		• = <i>N. powellii</i>	✓
<i>N. gracilis</i>	✓	✓ = <i>N. turneri</i>		• = <i>N. turneri</i>	✓
<i>N. gypsophila</i>	✓	✓		✓	
<i>N. incana</i>	✓	✓		✓	✓
<i>N. johnstonii</i>	✓	✓		✓	✓
<i>N. linearifolia</i>	✓	✓		✓	
<i>N. linearifolia</i> var. <i>baconiana</i>				✓	
<i>N. linearifolia</i> var. <i>linearifolia</i>	✓	✓		✓	
<i>N. linearifolia</i> var. <i>mexicana</i>	✓	✓		✓	
<i>N. mexicana</i>			✓		✓
<i>N. powellii</i>	✓				✓
<i>N. turneri</i>	✓				

#### 1.4. Distribución de *Nerisyrenia*

Johnston (1974) y Rzedowski (1978), han señalado que el Desierto Chihuahuense contiene alrededor de 1,000 especies, de 16 géneros de plantas vasculares endémicas, siendo *Nerisyrenia* uno de éstos. A su vez, Quintanilla-Villareal et al. (2017) mencionan que la riqueza de plantas endémicas consta de 263 géneros y 671 especies. Este desierto es el de mayor extensión en Norteamérica; sin embargo, no hay un acuerdo en la delimitación geográfica y en el tamaño (Schmidt, 1979). Es considerada una de las tres áreas áridas y semiáridas con mayor diversidad biológica en el mundo (Gutiérrez, 2014). El Desierto Chihuahuense está ubicado entre cuatro grandes cadenas montañosas, que impiden el paso de los vientos húmedos: la Sierra Madre Oriental, la Faja Volcánica *Transmexicana*, la Sierra Madre Occidental en México y Las Rocallosas, en Estados Unidos, cubriendo una extensión de 507, 000 km<sup>2</sup>. Es una región ecológica principalmente árida con algunas zonas montañosa con tipos vegetación asociado a climas templados y mayores precipitaciones (Villareal-Quintanilla et al., 2017). Topográficamente, se observan vastas planicies o se presentan montañas aisladas, de elevada altitud, sometidas a la fuerte influencia del desierto, lo que ha generado los gradientes vegetación y clima, típicos de esta unidad geográfica (Granados-Sánchez et al., 2011).



**Figura 1.** Extensión aproximada del Desierto Chihuahuense (sombra gris) (Moore y Jansen, 2007; Henrickson y García, 1976).

La precipitación media anual varía de 175 mm, en los valles de Coahuila, hasta 400 mm en montañas localizadas en los límites del occidental y sur (Henrickson y Jonhston, 1997; Granados-Sánchez et al., 2011; Villarreal-Quintanilla, et al., 2017). Entre el 65% y 80% de la lluvia cae durante los meses de verano, entre junio y septiembre (Granados-Sánchez et al., 2011). Debido a esta escasez de agua, durante la mayor parte del año, el Desierto Chihuahuense es una de las regiones más secas y con mayor riqueza de especies en el mundo (Morafka, 1977; Sutton, 2000; Hoyt, 2002). La limitación de las condiciones físicas, químicas, climáticas y la topografía son los factores que crean estos patrones, al limitar la pructividad vegetal, al limitar la productividad vegetal ejerciendo un fuerte impacto en su desarrollo (Moore et al., 2014; Escudero et al., 2015).

A pesar de las drásticas condiciones ambientales en el Desierto Chihuahuense existe una gran diversidad de especies, dentro de un mosaico de asociaciones vegetales (Rzedowski, 1978). El Desierto Chihuahuense contiene

de catorce (Granados-Sánchez et al., 2011) a veinte (Henrickson y Johnston, 1997) tipos de vegetación. Rzedowski (1978) reconoce tres tipos básicos: matorral desértico micrófilo en suelos de aluvión, matorral desértico rosetófilo en rocas calizas y terrenos de buen drenaje; matorral desértico crasicaule, ligado a rocas. Las formas de vida características de Desierto Chihuahuense son las arbustivas y subarbustivas (Granados-Sánchez et al., 2011; Escudero et al., 2015).

Villarreal-Quintanilla et al (2017) realizaron una revisión bibliográfica de la distribución de las plantas endémicas del Desierto Chihuahuense, mencionan que la familia *Brassicaceae* cuenta con 31 especies distribuidas y ocupa el cuarto lugar en riqueza de especies. En el caso de *Nerisyrenia* reportaron las siguientes especies de *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. linearifoia* var. *baconiana* y *N. linearifoia* var. *mexicana*.

## 1.5. Suelos yesosos en el Desierto Chihuahuense

Dentro de *Brassicaceae*, que tiene afinidad por los ambientes yesosos (Johnston, 1941), *Nerisyrenia* es uno de los géneros mejor representados en estos suelos de México (Johnston, 1941; Fuentes, 1995). Los gipsosoles contienen más de 15% de horizontes yesosos (FAO, 2009). Se estima que la distribución global de estos suelos varía entre 100 y 207 millones de hectáreas (Escudero et al., 2015). Los suelos pobres de las partes altas quedan al descubierto por la escasa cobertura vegetal, mientras que, en las pendientes suaves y prolongadas, denominadas bajadas, se acumula suelo, como producto del intemperismo y del acarreo de materiales a las partes bajas, generándose cadenas de vegetación a través de este gradiente (Schlesinger et al., 1996; Ugalde et al., 2008). Alrededor del 80% de los suelos se deriva de materiales calcáreos (Sutton, 2000). Particularmente, el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), se forma por precipitación y evaporación química a partir de fluidos o de masas de agua, de lagos o de un mar con un alto

contenido en sales (Mota et al., 2011), dependiendo de su concentración y del tipo de suelo, el yeso puede tener efectos opuestos, adversos o beneficiosos para las plantas. Pero la más notable propiedad beneficiosa de las plantas que habitan en suelos yesosos es la relativa baja solubilidad (Escudero et al., 2015). Por último, la comunidad de organismos que habitan en la superficie de dichos suelos es otra característica importante y son: cianobacterias, musgos, hepáticas hongos y líquenes (Escudero et al., 1999).

Además del Desierto Chihuahuense, hay otras regiones con grandes afloramientos de este mineral, en España, Irán y el oeste de África. En ellos se albergan plantas endémicas, que sólo habitan en estas zonas con sustrato yesífero, se les conoce como gipsófilas y a su vez forman ensambles: floras gipsófilas (Moore et al., 2014).

## 1.6. Estadística básica: herramienta para la exploración de datos

Primero, es importante realizar un análisis exploratorio, para el cual se utilizan herramientas estadísticas, como las medidas de tendencia central y medidas de variación, junto con diagramas de caja que muestran y describen los valores extremos, y el rango de variación, con la finalidad de investigar el conjunto de datos, para comprender las características importantes de los mismos. Para complementar la tarea de exploración y evitar sesgos, el coeficiente de correlación lineal de Pearson es una herramienta que permite conocer si hay una posible correlación entre caracteres a través del

valor “r”. Este valor es un indicativo que mide la fuerza de la relación lineal, de valores cuantitativos apareados, consta de un umbral -1 a +1, mientras más cerca está del  $\pm 1$  habrá una correlación, los signos menos y mas explican si es negativa o positiva: sin embargo, si se aproxima a cero, quiere decir que esta relación es nula o no hay una correlación entre dos variables (Triola, 2009). Como una ayuda auxiliar, una gráfica de dispersión de puntos, permite observar si se genera una pendiente o sólo una nube de datos, sin patrón alguno.

## 1.7. Análisis multivariados: Uso de la morfometría en la taxonomía

La morfometría se define como el análisis cuantitativo de las formas biológicas (Henrickson y Johnston, 1997). El análisis morfométrico ofrece una larga lista de herramientas para examinar y diferenciar en situaciones complejas en el alto nivel de variación poblacional (Marhold, 2011). Ha sido empleada en un gran número de trabajos, con la finalidad de entender la taxonomía e historia de vida de las plantas (Sosa et al., 2012). Por ejemplo, Pinzón (2011) estudió el complejo *Tillandsia utriculata* L. de la familia Bromeliaceae, mientras que Henderson (2006) hizo una revisión de los métodos multivariados para las palmas. Salariato et al. (2012) analizaron *Menonvillea scapigera* (Phil.) Rollins perteneciente a *Brassicaceae*.

La morfometría forma parte integral de la sistemática descriptiva y se divide en morfometría tradicional y geométrica. La primera está basada en métodos estadísticos multivariados, sobre el conjunto de variables lineales (Rohlf & Marcus, 1993), también se le conoce como morfometría multivariada. La segunda tiene como objetivo analizar la forma, independientemente de aquellos componentes que no definen la geometría intrínseca del objeto (Toro et al., 2010). Para la clasificación debe buscarse contrastes entre las entidades, diferencias numéricas importantes que garanticen la formación de grupos (McGarical et al., 2000). Los métodos más usados son análisis de conglomerados (CA), análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante lineal (LDA).

Los análisis multivariados están divididos en métodos de ordenación: PCA y métodos de clasificación agrupación: CA y LDA (Gotelli, 2013).

### 1.7.1. Análisis de componentes principales (PCA)

Crea nuevas combinaciones lineales de los datos originales, que están orientados en direcciones que describen el máximo de variación entre individuos muestreados (McGarical et al., 2000). Reduce la dimensionalidad de los caracteres originales y condensa la información del largo número de variables y la variabilidad debe estar concentrada en el menor número de dimensiones obtenidas (Gotelli, 2013).

### 1.7.2. Análisis de conglomerados (CA)

Se le conoce como “Cluster”, que se traduce como agrupación. Es una familia de herramientas exploratorias para clasificar objetos (McGarical et al., 2000). Pueden ser utilizados para construir clasificaciones jerárquicas o no jerárquicas con los datos multivariados (Marhold, 2011). Se colocan entidades en grupos y éstos tienen un arreglo, el cual expresa una relación entre los mismos (McGarical et al., 2000). El procedimiento analiza las distancias de objetos, a través de matrices de similitud o disimilitud, para ser asignados en grupos de forma inclusiva (Henrickson y Johnston, 1997) y en un arreglo jerárquico por medio de diagramas llamados dendrogramas, que mostrarán resultados de los agrupamientos de la matriz (Herrera, 2000).

### **1.7.3. Análisis discriminante lineal (LDA)**

Intenta extraer los caracteres dominantes y subyacentes de gradientes de variación (Marhold, 2011). Los dos objetivos principales se resumen en descriptivo y predictivo: el primero consta de la separación óptima de los grupos y cuáles son las variables involucradas para esta separación. El segundo objetivo se engloba en la predicción de entidades desconocidas en grupos, a través de probabilidades de 0 a 1.0 respecto a los grupos, especies o poblaciones con cero reflejan nula relación entre caracteres y especies; con uno, refleja una relación de las variables empatadas al 100% con algún de ellos (McGarical et al., 2000) y que se observan a través de un diagrama bidimensional.

Debido a la controversial taxonomía de *Nerisyrenia*, se llevó a cabo un análisis morfométrico y se buscó si hay caracteres que permitieran distinguir grupos y que apoyen su circunscripción.



## **2. OBJETIVOS**

- Estudiar la **variación morfológica** del género *Nerisyrenia* mediante un análisis morfométrico.
- Evaluar **caracteres cuantitativos** de importancia taxonómica que permitan distinguir grupos.
- Ubicar las **áreas de simpatría**, diversidad y de distribución restringida de las especies de *Nerisyrenia*.

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Consulta de herbarios**

Se consideraron imágenes de los ejemplares del principal herbario que alberga las colectas realizadas para el proyecto de la flora del Desierto Chihuahuense TEX/LL (University of Texas at Austin), así como del Herbario Nacional MEXU, (Universidad Autónoma Nacional de México) en donde hay duplicados de este proyecto. Este último resguarda duplicados del proyecto Orígenes de la Flora Gipsófila del Desierto Chihuahuense realizado a partir de 2011 por Michael Moore, Hilda Flores y Helga Ochoterena. También se consultó el herbario ENCB (Escuela Nacional Ciencias Biológicas, IPN).

### **3.2. Salida de campo al Desierto Chihuahuense**

Se realizó una salida a diversas localidades del Desierto Chihuahuense en los estados de San Luis Potosí, Durango, Coahuila y Nuevo León, a principios de agosto del 2014, con la intención de conocer, en campo, las especies de *Nerisyrenia*, coleccionar ejemplares de respaldo, así como explorar nuevas zonas de suelos yesosos para recolectar especies del género y conocer su hábitat. Muestras de las poblaciones de las especies fueron prensadas entre periódico y cartones corrugados, para deshidratarse. Se tomaron datos de campo, incluyendo coordenadas, con ayuda de un GPS y fotografías de las plantas. Después, los ejemplares coleccionados y previamente deshidratados, se fumigaron por congelación antes de su estudio. Los ejemplares fueron depositados en Oberlin College (OC), en la Universidad de Texas en Austin (TEX/LL) y en la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU).

Para cumplir con los objetivos de este estudio se realizaron dos métodos generales:

I. El estudio morfométrico y II. Elaboración de mapas de la distribución de las especies.

### **3.3. Estudio de la variación morfológica del género *Nerisyrenia* (I)**

#### **3.3.1. Especies consideradas**

Se hizo una búsqueda en la literatura botánica para consultar los trabajos taxonómicos sobre *Nerisyrenia*, conocer las especies y taxones infraespecíficos descritos y los caracteres que las definen. Con base en la literatura, se identificaron 409 ejemplares de los herbarios consultados, bajo las siglas AVC (Angélica Vázquez Cervantes), que se consideraron morfoespecies, para analizarlas con métodos estadísticos, considerando especialmente una combinación de los siguientes caracteres: hábito, ramificación, pubescencia en tallos jóvenes, tamaño y forma de la hoja, tamaño del pétalo, forma del fruto, posición de las valvas respecto al replum y ápice de las valvas.

#### **3.3.2. Selección de caracteres morfológicos**

Entre los caracteres utilizados para la delimitación de especies por los diversos autores, están: la forma de la hoja, del fruto (Bacon, 1978) y del pétalo (Henrickson y Johnston, 1997), y en este trabajo se consideraron indirectamente, tomando medidas del largo y ancho. Además, se midieron otros caracteres, que no se habían considerado para evaluar la variación e importancia taxonómica. El universo de muestras consta de 409 ejemplares y de cada uno, se midió una sola estructura, la inflorescencia, la cual debía tener los 13 caracteres forzosamente. Estos caracteres son: el largo y ancho de la hoja, largo del pedúnculo, largo del raquis inflorescencia, largo del pedicelo, largo del sépalo, largo y ancho del pétalo, largo y ancho del botón, largo y ancho de fruto y largo del estilo.

**Tabla 2.** Caracteres utilizados para el estudio morfométrico de *Nerisyrenia*

<b>Carácter</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Medida</b>
<b>Hoja, largo</b>	1. Ho-lrg	Desde la yema foliar en el tallo al ápice de la hoja, incluyendo pecíolo y lámina.
<b>Hoja, ancho</b>	2.Ho-anc	En la parte media de la hoja.
<b>Pedúnculo de la inflorescencia, largo</b>	3.Ped-lrg	Desde la yema de la inserción de la última hoja al pedicelo del primer fruto.
<b>Inflorescencia, largo</b>	4.Infl-lrg	Desde donde termina el pedúnculo hasta el ápice de la inflorescencia. Algunas inflorescencias carecen de pedúnculo.
<b>Pedicelo, largo</b>	5.Ped-lrg	En estado de madurez del fruto; desde el surgimiento en el raquis hasta el punto de inserción con la silicua.
<b>Sépalo, largo</b>	6.Se-lrg	Medido desde la inserción en el receptáculo hasta el ápice.
<b>Pétalo, largo</b>	7.Pe-lrg	Medido desde la inserción en el receptáculo hasta el ápice.
<b>Pétalo, ancho</b>	8.Pe-anc	Medido en la parte más ancha a los 2/3 del ápice
<b>Botón floral, largo</b>	9.Bo-lrg	Medido desde la inserción en el receptáculo hasta el ápice de la corola sin abrir.
<b>Botón floral, ancho</b>	10.Bo-anc	Medido en la parte media.
<b>Fruto, largo</b>	11.Fr-lrg	Medido desde la inserción en el pedicelo hasta el punto más alto de las valvas.
<b>Fruto, ancho</b>	12.Fr-anc	Medido en la parte media de la silicua.
<b>Estilo persistente, largo</b>	13.Est-lrg	En estado de madurez del fruto; medido en la inserción

**Figura 2.** Mediciones en un ejemplar de *Nerisyrenia camporum*.  
Largo de la inflorescencia 4 y largo del pedúnculo 3.

**Foto A**

Estructura de floración: largo de pétalo 7, ancho de pétalo 8 y largo del sépalo 6.

**Foto B**

Botones florales: Largo del botón 9 y ancho del botón 10.

**Foto C**

Largo de la hoja 1 y ancho de la hoja 2.

**Foto D**

Fruto: largo del pedicelo 5, largo del fruto 11, ancho del fruto 12 y largo del estilo persistente 13.

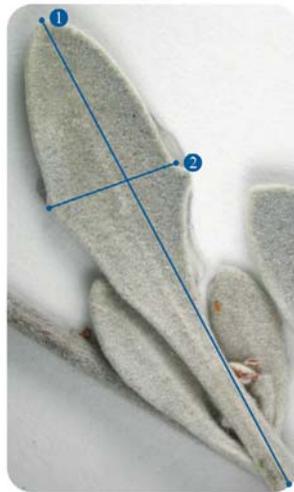




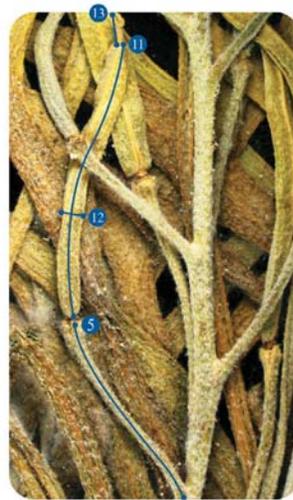
A



B



C



D

Para obtener todas las medidas de los caracteres utilizados (tabla 2) y evitar valores faltantes, que impidieran hacer los análisis, se seleccionaron ejemplares fértiles con botones, flores y frutos maduros en la misma inflorescencia, del mismo ejemplar de herbario, descartando los duplicados de las mismas colectas, así como los ejemplares que, por la colecta, el montaje o el herborizado, estaban incompletos o sin estructuras fértiles. Se tomó una sola medida por ejemplar que tenía todas las estructuras que se requerían, de acuerdo con los siguientes criterios.

**Hoja:** Se midió la última hoja de la rama que sostiene la inflorescencia. Se observó que en los ejemplares de herbario, las hojas basales se secan y se rompen en el proceso del herborizado. La última hoja de la rama, que está junto a la inflorescencia se mantiene en las mejores condiciones. Se observó que la forma

de esta hoja tiene tamaño y forma constante, a las más cercanas a la inflorescencia. Debido a que la base de la lámina es cuneada, es difícil de distinguir en donde empieza el pecíolo y los autores previos han descrito a las hojas como “subpecioladas”. De esta manera, en este trabajo, se midió toda la hoja sin distinción entre lámina y pecíolo.

**Pedúnculo de la inflorescencia:** La medida comenzó por arriba de la región meristemática de la hoja, hasta el nudo de la inflorescencia. La ausencia del pedúnculo se definió con el valor cero. Algunas inflorescencias surgen directamente de la región meristemática de la hoja careciendo de pedúnculo, en este caso con una medida de cero.

**Pedicelo:** Se midió en fruto maduro. Cuando se presentaron curvaturas, se midieron tantas líneas rectas como fuera necesario para completar la longitud total.

**Figura 3.** Forma de medición del sépalo (S1) primera medición y (S2) segunda medición.



Sépalo: Se midió uno de los cuatro sépalos, sin hidratar, de una flor en antesis, es decir, una flor abierta, con anteras fértiles, seleccionando el sépalo que estuviera visible y extendido o reflexo. Para este último, el programa no generaba líneas curvas y se procedió a medir dos o más líneas rectas que abarcaran toda la longitud del sépalo, como se observa en la Fig. 3, dos líneas rectas que pasan por en medio, para tener representado correctamente el largo.

Pétalo: Se midió uno de los cuatro pétalos, sin hidratar, de una flor en antesis, seleccionando el pétalo en las mejores condiciones para obtener las medidas.

Botón floral: Se midió un botón maduro, que comúnmente era más oscuro, robusto, y que estuviera en la parte externa de la inflorescencia.

Fruto: Se midió un fruto maduro, que comúnmente es verde oscuro o morado y curvo o tortuoso.

Estilo persistente: Se midió el estilo persistente del fruto maduro seleccionados desde la inserción con las valvas a la parte apical que incluye al estigma.

### 3.3.3. Toma de medidas

Se tomaron cuatro fotografías de cada ejemplar de herbario para medir hoja, inflorescencia, botón, flor y fruto, con un microscopio Zeiss Axio zoom V16 y la cámara integrada Axio Cam MRC5, aunado a su correcta amplificación (relación entre el tamaño de la imagen y del objeto) para obtener medidas comparables. Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad II, del Instituto de Biología, a cargo de la Biól. Susana Guzmán Gómez. Para obtener las medidas de los caracteres se utilizó el programa ZenPro Blue edition (Zeiss, 2014), calibrándose en milímetros.

Se obtuvieron medidas de 11 ejemplares tipo a través de jstor.org (siete holotipos, dos lectotipos y dos isotipos) con la herramienta de medición en Open Viewer, que se ofrece en imágenes disponibles online del material tipo.

### 3.3.4 Estadística básica

Los análisis estadísticos están divididos, en R commander (R Cran, 2016) se realizaron los diagramas de caja, se calculó la media y las correlaciones del coeficiente lineal de Pearson. Mientras, en R studio versión 3.3.1” “Bug in Your Hair” (Statistical R, 2016), se calculó la desviación estándar y se hicieron el PCA, análisis de conglomerados y el LDA.

Cabe mencionar que hay especies que tienen un número menor de 10 registros, como: *N. baconiana* y *N. turneri*. De algunas especies donde sólo se contaba con un ejemplar, como *N. johnstonii*, *N. hypercorax* y *N. powellii*. Para conocer las medidas de variación de los caracteres de todas las morfoespecies, se usaron los elementos de los diagramas de caja, valor extremo mínimo, el primer cuartil, el tercer cuartil y el valor extremo máximo, la línea negra que está dentro del primer y tercer cuartil indica la mediana, la cual no fue utilizada. Después, se elaboró un cuadro con las medias y las desviaciones estándar de cada carácter. Como parte de la exploración de los datos, se aplicó el coeficiente de correlación lineal ( $r$  de Pearson) a los 13 caracteres, para conocer si hay posibles relaciones en los caracteres, a partir de la dispersión de datos de cada uno. Por último, se compararon las medidas obtenidas con los rangos de variación de cada entidad taxonómica de los tratamientos de *Nerisyrenia* de Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997), para después comparar y discutir las diferencias con las medidas obtenidas de cada autor.

### 3.3.5. Análisis multivariados

Posteriormente, se emplearon tres técnicas de análisis multivariado. Como método de ordenación, que permite reducir la dimensionalidad de los datos, se utilizó un análisis de componentes principales; de la familia de análisis de clasificación, se usó el análisis de conglomerados y un análisis discriminante lineal.

Para los tres análisis se utilizaron doce variables, de las cuales, once son caracteres originales y la doceava es la relación entre ancho/largo del botón, debido a que se encontró una correlación. Además, se realizaron cuatro ejercicios. El primero fue con las doce morfoespecies propuestas; el segundo con las morfoespecies con el mayor número de individuos (*N. camporum* y *N. linearifolia*), excepto en el análisis de conglomerados; el tercer ejercicio consta de las morfoespecies restantes (*Nerisyrenia baconiana*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*) y el cuarto ejercicio fue un grupo de morfoespecies, denominado complejo *Nerisyrenia linearifolia*, que comprende las especies que se han sugerido como variedades (*N. baconiana*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*).

El PCA se aplicó para encontrar los caracteres y su contribución a formar agrupaciones. Después, para el análisis de conglomerados (CA) se realizó el cálculo del índice de correlación cofenética, para conocer el valor más cercano a uno, se implementó a través de la función de distancia y el algoritmo de agrupación con el valor más alto y sin conocer la identidad de los datos y posteriormente, para examinar el patrón de relaciones entre OTU's (morfoespecies), se realizó un dendrograma para conocer las posibles relaciones. Por último, en el LDA, con la previa formación de los grupos, las doce morfoespecies, se aplicaron los dos objetivos del análisis, para conocer los caracteres junto con sus coeficientes, que distinguen todos los datos introducidos en las doce morfoespecies y la predicción de clasificar a cada morfoespecie a través de las doce variables usadas.

### **3.4. Elaboración de mapas de distribución (II)**

Para elaborar los mapas de distribución de las morfoespecies sugeridas, se hizo una base de datos de las etiquetas de los especímenes estudiados. Se incluyeron campos de colector, número, fecha de colecta, localidad y herbario. Cuando fueron anotados por los colectores se consideraron también las coordenadas, el tipo de suelo, el tipo de vegetación, la forma de vida, el hábito y el color de la flor y otras observaciones anotadas. Para las localidades sin coordenadas anotadas por el colector, se buscaron en Google Earth (Google Co., 2016). Con estos datos se elaboraron cuatro mapas, que muestran la distribución de cada morfoespecie con el programa QGIS (2016) .



## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Estadística básica**

Las medias obtenidas para los 13 caracteres cuantitativos de las 12 morfoespecies de *Nerisyrenia* se presentan en las tablas 3 y 4. A continuación se presentan las medidas de cada morfoespecie junto con una comparación con las medidas de los cuatro tratamientos más importantes.

**Tabla 3.** Medias  $\bar{x}$  de cada carácter de las morfoespecies de *Nerisyrenia* todas en milímetros.

<b>Carácter</b>	<i>N. baconiana</i>	<i>N. camporum</i>	<i>N. castillonii</i>	<i>N. gracilis</i>	<i>N. gypsophila</i>	<i>N. hypercorax</i>	<i>N. incana</i>	<i>N. johnstonii</i>	<i>N. linearifolia</i>	<i>N. mexicana</i>	<i>N. powellii</i>	<i>N. turneri</i>
Largo de la hoja	26.1	26.1	32	25.6	24.6	11.9	28.9	40.2	31.8	25.1	13.2	30.8
Ancho de la hoja	1.4	7.15	6.9	1.19	4.7	3.3	7.3	10.1	1.5	2.01	1.8	1.8
Largo del pedúnculo	12.8	19.3	18.5	10.8	12	4.2	21.2	46.8	14.6	9.8	6.2	10.8
Largo de la inflorescencia	67.8	107.29	69.9	39.8	83	10.8	128.5	283	76.8	49.1	94.6	36.3
Largo del pedicelo	8.8	8.7	8.4	6.6	11.7	5.7	7.8	20.6	8.4	6.8	6.4	6.6
Largo del sépalo	4.9	5	4.7	4.4	7.2	5.2	6.4	5.7	4.8	4.2	4	5.4
Largo del pétalo	6.9	7.7	6.9	6.3	10	4.6	9.3	9.4	7.1	5.9	6.1	7.6
Ancho del pétalo	2.6	3.4	2.7	2.3	3.5	1.5	4.1	4.3	2.4	2.2	3.1	3.2
Largo del botón	4.7	5.2	4.9	3.9	7.1	4.3	6.3	4.7	4.6	3.7	4.1	5
Ancho del botón	2.3	2.7	2.6	1.9	3.1	3.3	3.1	1.5	2.2	1.8	2.5	2.4
Largo del fruto	8.7	14.4	13.5	10.6	13.9	8.3	9.9	13.5	13.8	8.6	6.4	14.4
Ancho del fruto	1.7	2	2	1.2	2	2.4	3.7	5.8	1.4	1.5	1.8	1.7
Largo de estilo	2.4	2.9	3.3	2.1	3	1.8	3	2.6	1.9	1.9	2.2	3.2

**Tabla 4.** Medias  $\bar{x}$  de cada carácter de las morfoespecies de *Nerisyrenia* todas en milímetros.

Carácter	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Largo del pedúnculo	Largo de la inflorescencia	Largo del pedicelo	Largo del sépalo
<b>Media general</b>	27.4	5.3	17.1	90.8	8.3	5.05
<b>Desviación Estandar</b>	11.6	4.23	10.84	65.83	2.7	1.51

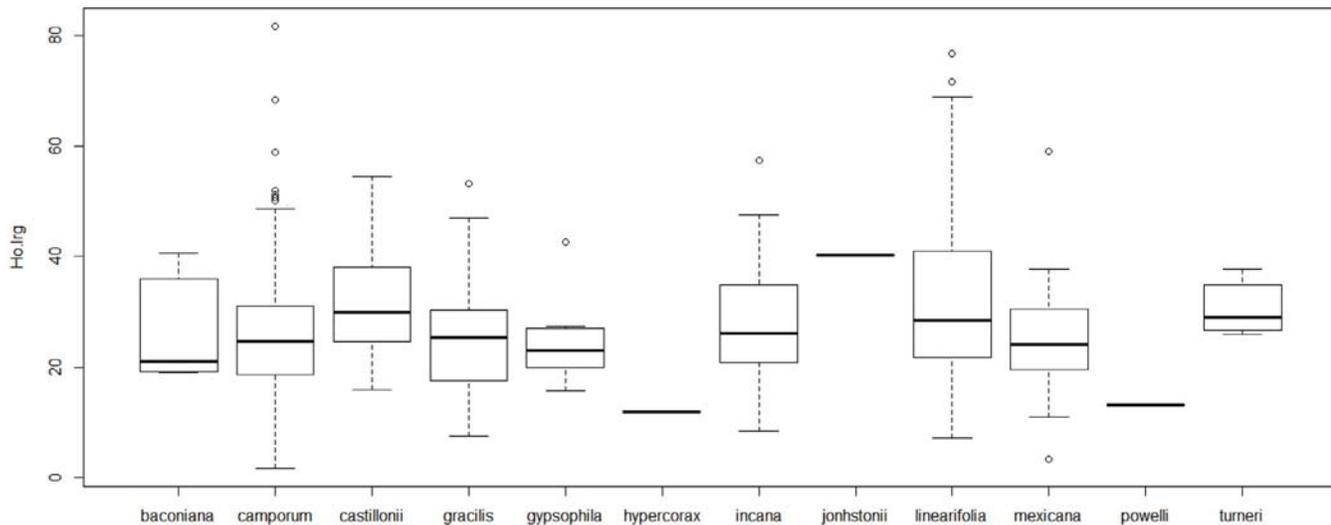
Largo del pétalo	Ancho del pétalo	Largo del botón	Ancho del botón	Largo del fruto	Ancho del fruto	Largo del estilo
7.5	3.1	5.03	2.5	13.2	1.98	2.72
2.3	1.4	1.48	0.76	5.3	0.92	0.97

### 1. Largo de la hoja

El largo de la hoja en *Nerisyrenia* (Fig. 4) es de (1.7-) 20-33 (-82) mm, con una media de  $27.4 \pm 11.6$  mm. *N. camporum* y *N. linearifolia* tienen la mayor variación; las morfoespecies con hojas largas, por arriba de la media general son *N. johnstonii* (40.22 mm), *N.*

*linearifolia* (31.89 mm), *N. castillonii* (32.09 mm) y *N. turneri* (30.86 mm). Por el contrario, las morfoespecies con hojas cortas, por debajo de los 20 mm son *N. hypercorax* (11.9 mm) y *N. powellii* (13.28 mm).

**Figura 4.** Diagrama de caja de la variación del largo de la hoja de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



Los rangos de variación del largo de la hoja son más o menos congruentes o varían considerablemente, con respecto a los descritos por diversos autores. Así, en las siguientes especies, el valor obtenido es más o menos similar: en *N. baconiana* las hojas son de 19-32 (-40) mm, mientras que Turner (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) reportaron 20-40 (-50) mm; en *N. johnstonii* el largo de 40 mm cae en lo reportado por Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) de 40-60 mm; en *N. gypsophila* el valor de (15-) 20-27 (-42) mm, es poco mayor de lo señalado por Rollins (1993) de 15-30 mm y menor de lo visto por Bacon (1978), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) quienes describieron longitudes máximas de 40-65 mm.

La mayor variación en el largo de hoja, que la descrita por los autores previos, se encontró en las siguientes morfoespecies: en *N. camporum*, se obtuvo un largo de la hoja de (1.6-) 18-31 (-81) mm, mientras que Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) reportaron (7-) 10-65

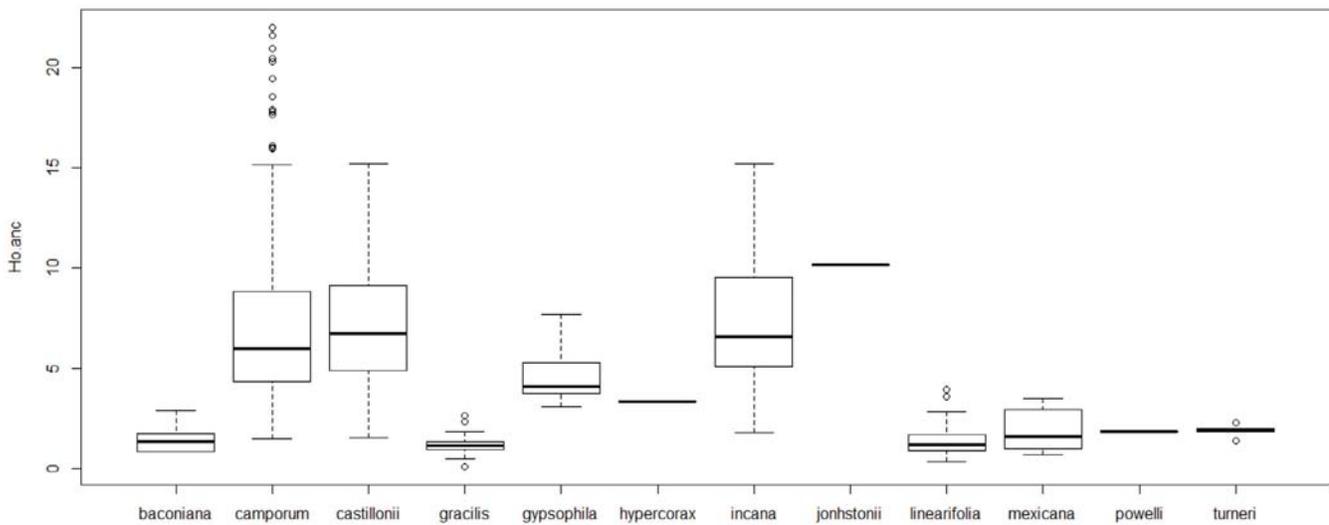
mm. Para *N. mexicana* el largo de la hoja es de (3-) 19-30 (-59) mm a diferencia de lo encontrado por Fuentes (1995) (18-58 mm) y Bacon (1978) y Rollins (1993) (19-70 mm). El rango para *N. incana*, (8.5-) 21-34 (-57.4) mm es mayor que el considerado por Bacon (1978) (22-42) mm, Fuentes (1995) (20-65 mm), mientras que Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997) mencionan un tamaño máximo de 80 mm, el cual no fue observado. Para *N. castillonii* se obtuvo un largo de la hoja de (16-) 25-37 (-54) mm, mientras que Bacon (1978), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) consideraron 20-60 mm. En *N. linearifolia* el largo de la hoja es de (7-) 21-41 (-76) mm, mientras que para Rollins (1993) es de 15-60 mm y para Bacon (1978) es de 16-70 mm y Henrickson y Johnston (1997) de 15-70 mm. Para *N. hypercorax* las hojas son menores  $x=11.9$  mm que lo reportado por Alexander et al. (2014) (18-) 22-40 (-48) mm. Para *N. gracilis* se obtuvieron mediciones de (7-) 17-30 (-53) mm, mientras que Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) reportan hojas de 20-90 mm.

## 2. Ancho de la hoja

El ancho de la hoja en *Nerisyrenia* es de (0.1-) 1.8-7.2 (-22) mm, con una media de  $5.3 \pm 4.2$  mm. Tomando como base la media de todas las morfoespecies, se pueden distinguir dos grupos. Uno comprende las especies con el valor medio de ancho de hojas de 4.7-10.14 mm y son: *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gypsophila*, *N. incana* y *N. johnstonii*. Resalta esta última, como la

morfoespecie con hojas más anchas, de 10.14 mm. El segundo grupo comprende especies con hojas más angostas, que tienen una media de 1.19-3.36 mm de ancho y son *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. linearifolia*, *N. baconiana*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*. Las morfoespecies con mayor rango de variación son *N. camporum*, *N. castillonii* y *N. incana*.

**Figura 5.** Diagrama de caja de la variación del ancho de la hoja de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros

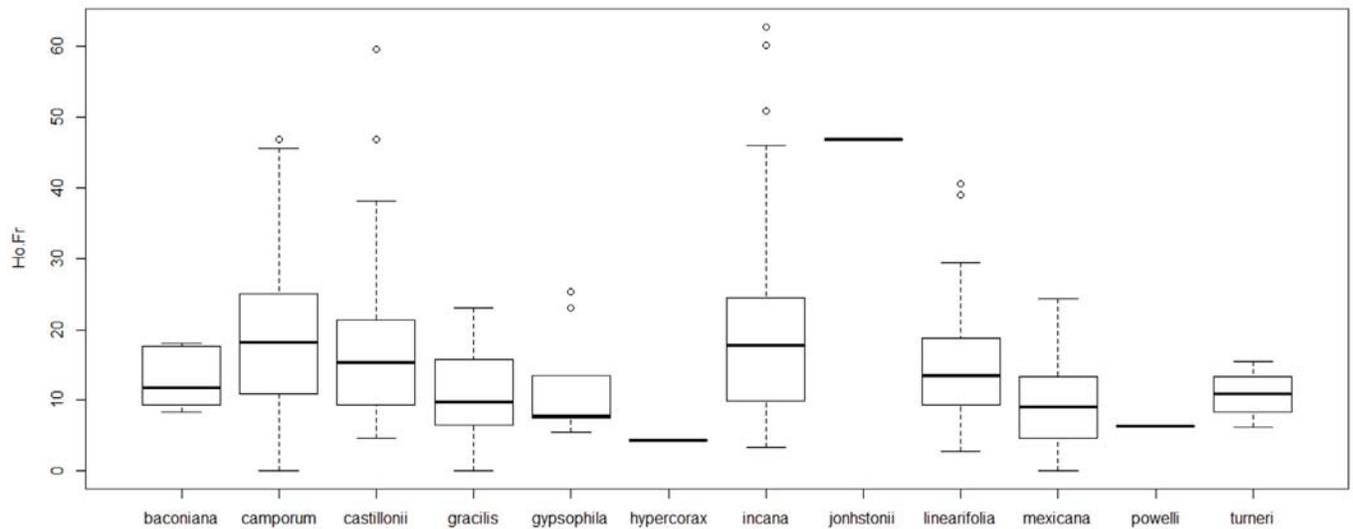


### 3. Largo del pedúnculo

El largo del pedúnculo en *Nerisyrenia* es de (0-) 9.3-22.5 (-63) mm, con una media de  $17.2 \pm 10.8$  mm. Las especies con mayor variación son *N. incana* y *N. camporum*, con pedúnculos que van de (3-) 10-24 (-63) mm y (0-) 10-16 (-47) mm, respectivamente. El largo del pedúnculo de las demás morfoespecies, queda dentro de estos umbrales. De las morfoespecies con un dato, *N. johnstonii* tiene el pedúnculo muy largo, de 46.8 mm, mientras que el de *N. hypercorax* mide 4.2 mm y está por debajo de la media de todas las demás morfoespecies, pero cae en los extremos de variación de *N. baconiana* y *N. gracilis*. El pedúnculo de *N. powellii* mide 6.2 mm y es ligeramente más corto que las medias del género. En *N. baconiana* (8-) 9.6-16 (-18) mm, *N. gypsophila* (5.5-) 7-13.5 (-25) mm y *N. turneri* (6-) 8-13 (-15) mm,

la variación es más reducida respecto a las demás. *N. gracilis* (0-) 6.4-15.7 (-23) mm y *N. mexicana* (0-) 4.8-12.9 (-24) mm muestran rangos de largo del pedúnculo similares, cabe señalar que el número cero punto uno, indica la ausencia de este caracter, mientras que *N. castillonii* y *N. linearifolia* tienen rangos relativamente medios con (4.5-) 9-21 (-59.6) mm y (2.8-) 9-19 (-41) mm, respectivamente. Un solo ejemplar de cada una de las siguientes morfoespecies *N. camporum*, *N. gracilis* y *N. mexicana* tienen inflorescencia axilar sésil, en los análisis el valor fue marcado como 0.1 mm debido a la necesidad numérica de un valor que no fuera cero, ya que los programas estadísticos identifican el cero como inexistente y error.

**Figura 6.** Diagrama de caja de la variación del largo del pedúnculo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.

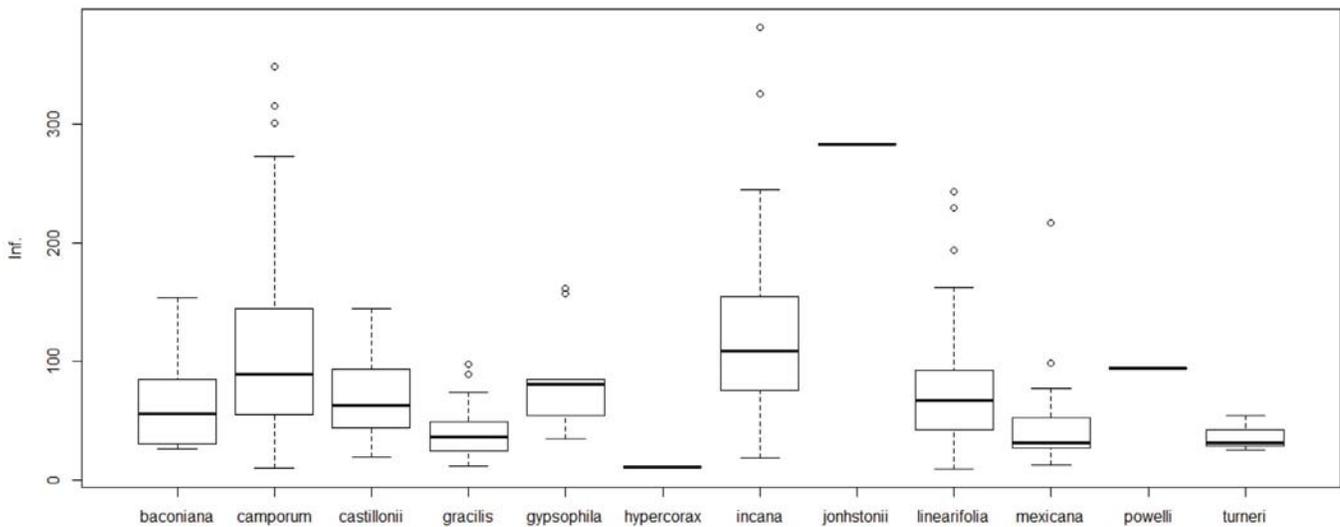


#### 4. Largo de la Inflorescencia

El largo de la inflorescencia en *Nerisyrenia*, excluyendo el largo de pedúnculo en los ejemplares en donde se puede diferenciar, de (9-) 42-123 (-382) mm, con una media de  $91 \pm 65.8$  mm. Destacan, con una media de inflorescencias largas, *N. incana* (128.5mm) y *N. camporum* (107.9 mm) y además tienen los rangos más amplios de variación. Con medias de inflorescencias cortas se tienen a *N. gracilis* (39.8 mm), *N. mexicana* (49.1 mm) y *N. turneri* (36.3 mm). En la Fig. 7 se pueden definir tres grupos, uno con inflorescencias largas, con medias mayores a 71 mm, como *N. camporum* (107.29 mm), *N. gypsophila* (83.02 mm), *N. incana* (128.5 mm) y *N. linearifolia* (76.8 mm); las únicas medidas de *N. johnstonii* (283 mm) y *N. powellii* (94.2 mm) caen en este grupo. Cabe destacar que el valor obtenido para *N. johnstonii* cae en la variación (150-300 mm) reportada por Bacon (1978), Henrickson y Johnston (1997) y

Fuentes (1995). Se define un grupo intermedio, con medias del largo de inflorescencias entre los 51 mm y los 70 mm que, contiene a *N. castillonii* (69.9 mm) y *N. baconiana* (67.8 mm). El tercer grupo de inflorescencias con medias cortas, menores a 50 mm incluye, a *N. gracilis* (39.8 mm), *N. mexicana* (49.1 mm) y *N. turneri* (36.3 mm); el único valor para *N. hypercorax* (10.8 mm) cae en este grupo. Las especies que presentan mayor variación son *N. camporum*, *N. incana* y *N. linearifolia* con amplios umbrales en el largo de las inflorescencias, que oscilan de 10 a 280 (-350) mm, 12 a 250 (-400) mm y 10-160 (-240) mm. Para *N. camporum* Bacon (1978) (10-) 54 144 (-348) mm, Henrickson y Johnston (1997) y Fuentes (1995) (8-350 mm) reportaron rangos de variación muy altos para el largo de la inflorescencia, debido quizás, a la inclusión del pedúnculo.

Figura 7. Diagrama de caja de la variación del largo de la inflorescencia de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



En este trabajo se registraron inflorescencias más cortas que las reportadas por autores previos, debido a la exclusión de largo del pedúnculo, para *N. castillonii* (19-) 44-93 (-144) mm vs 70-300 mm de Bacon (1978) y Fuentes (1995) y 70-230 mm de Henrickson y Johnston (1997); *N. gracilis* (11-) 24.5-49 (-97) mm vs (20-) 40-100 (-200) mm de Bacon (1978), Henrickson y Johnston (1997) y Fuentes (1995); *N. gypsophila* (34-) 53-84 (161) mm vs 40-300 de Bacon (1978) y Henrickson y Johnston (1997); *N. incana* (18-) 77-152 (-382) mm vs Henrickson y Johnston (1997) mencionan un largo hasta de 450 mm, Fuentes (1995) reportó un largo de hasta 400 mm, Bacon (1978) sólo menciona que son inflorescencia elongadas, sin algún dato numérico. *N. linearifolia* (9-)

42-93 (-243.2) mm vs 50-350 mm de Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) y *N. turneri* (25.5-) 28-42 (-54.4) mm vs. 40-100 mm de Bacon (1978). La única inflorescencia medida de *N. powellii* (94.6 mm) es más corta que lo reportado por Bacon (1978) y Fuentes (1995) (150 a 230 mm), así como la de *N. hypercorax* (10.8 mm) con respecto a Alexander et al. (2014) (15-) 20-45 (-65) mm.

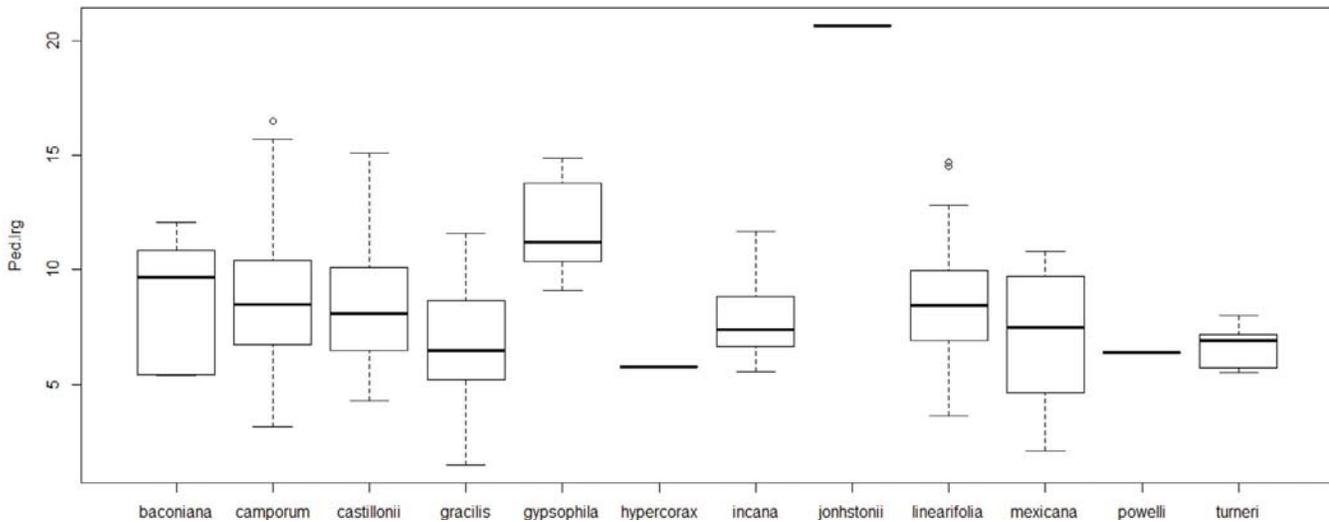
Contrariamente, observamos inflorescencias más largas de lo reportado en *N. baconiana* (26-) 31.4-82 (-153) mm vs. 10-30 mm (Turner 1993) o 40 mm (Fuentes,1995) y en *N. mexicana* (12-) 27-51.6 (-216) mm vs. 60-190 mm de Bacon (1978), Rollins (1993) y Fuentes (1995).

##### 5. Largo del pedicelo

El largo del pedicelo es de (1.5-) 6.5-10 (21) mm, con una media de  $8.4 \pm 2.71$  mm. Destaca *N. johnstonii* con el pedicelo más largo, de 20 mm, seguida por *N. gypsophila* con una media de 10.9 mm. Todas las morfoespecies muestran variación en este carácter, excepto las tres de las que se tiene un solo dato (*N.*

*hypercorax*, *N. johnstonii* y *N. powellii*). El largo del pedicelo de *N. hypercorax* (5.7 mm) cae en la variación (3-) 4-9 (-13) mm descrita por Alexander et al. (2014) y el de *N. powellii* (6.4 mm) en la de Bacon (1978) y Fuentes (1995) (5-10 mm), mientras que el de *N. johnstonii* (20.6 mm) excede a lo observado (9-15 mm) por Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997).

**Figura 8.** Diagrama de caja de la variación del largo del pedicelo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



En *N. incana* se encontró poca variación, respecto a la reportada por Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) (5.5-) 6-8.7 (-11.6) mm vs. 6-9 mm, así como en *N. camporum* (3-) 6.7-10 (-16.4) vs. 7-20 mm Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997, 10-20 mm Turner (1993) y hasta 17 mm (Fuentes, 1995); *N. castillonii* (4-) 6-9.8 (15) mm vs. 6-12 mm (Bacon, 1978), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997); *N. gracilis* (1.4-) 5-8.6 (-11) mm vs. 5-9 mm (Bacon, 1978), 5-15 mm (Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997), *N. gypsophila* (9-) 10-

13(-15) mm vs. 8-12 mm (Bacon, 1978), Henrickson y Johnston (1997), *N. linearifolia* (3.6-) 7-10 (-14.6) mm vs. 5-1 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997).

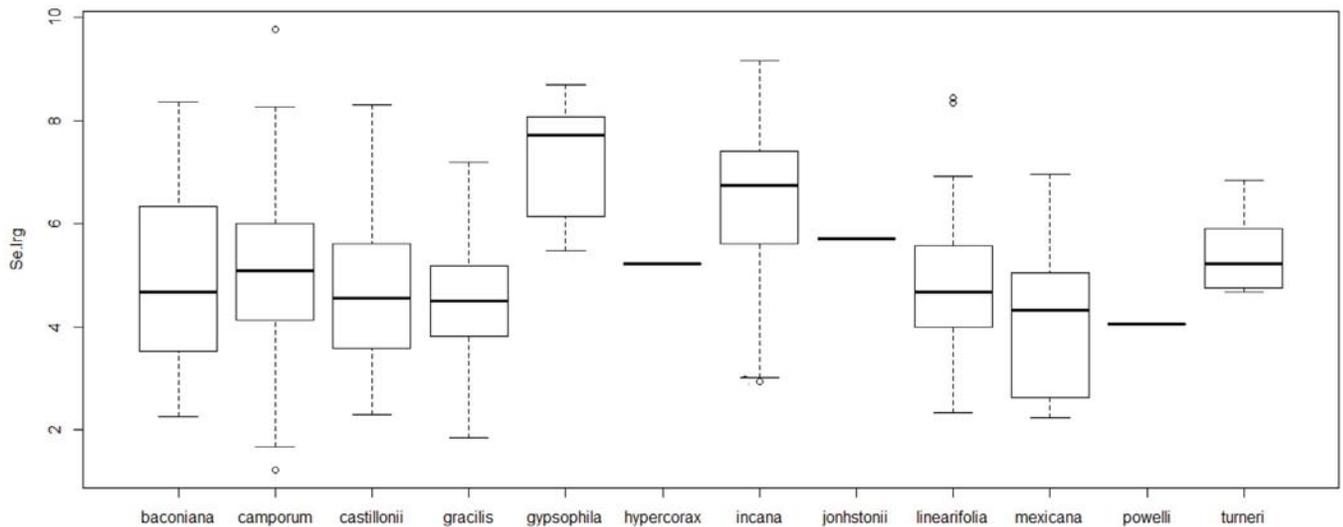
Pedicelos más cortos que los reportados anteriormente, se encontraron en *N. baconiana* (5.3-) 6-10.7 (-12) mm vs. 20 mm (Turner, 1993); *N. mexicana* (2-) 4.6-9.5 (-11.7) mm vs. 15 mm (Fuentes, 1995), 8-16 mm reportado para *N. linearifolia* var *mexicana* por Bacon (1978), Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997) y *N. turneri* (5.5-) 5.7-7 (-8) mm vs. 7-15 mm (Bacon, 1978).

### 6. Largo del sépalo

El largo del sépalo es de (1.2-) 4.1-6 (-10) mm, con una media de  $5.1 \pm 1.5$  mm. *N. gypsophila* (7.2 mm) y *N. incana* (6.4 mm) tienen los sépalos más largos con una media mayor a 6 mm. Por debajo de la media general se encuentran *N. baconiana* (4.9 mm), *N. castillonii* (4.7 mm), *N. gracilis* (4.4 mm) y *N. mexicana* (4.22 mm), y mantienen rangos parecidos entre ellas los sépalos más

cortos de todo el género, mientras que *N. camporum* y *N. incana* tienen el mayor rango de variación, el largo del sépalo de *N. hypercorax*, *N. johnstonii* y *N. powellii*, con un sólo dato. Caen dentro de los rangos descritos por autores anteriores *N. hypercorax* 5.2 mm vs. (3-) 4-6 mm (Alexander et al., 2014); *N. johnstonii* 5.7 mm vs. 4.5-7 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995 y Henrickson y Johnston 1997).

**Figura 9.** Diagrama de caja de la variación del largo del sépalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



Para la mayoría de las especies, los rangos de variación del largo del sépalo son similares al reportado por autores anteriores: *N. turneri* 4.6-5.9 (-6.8) mm vs. 5-7.5 mm (Bacon, 1978); *N. gypsophila* (5.4-) 6-8 (-8.6) mm vs. 6-8.5 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993 y Henrickson y Johnston, 1997); *N. castillonii* (2.2-) 3.6-5.5 (-8.3) mm vs. 5-7 mm (Fuentes, 1993); *N. camporum* (1.2) 4.1-6 (-9.7) mm vs. 5-9 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993 y Henrickson y Johnston, 1997), 3-7 mm (Fuentes, 1995); *N. linearifolia* (2.3) 3.9-5.5 (-8.4) mm vs. 4.8-7.5 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993 y Henrickson y Johnston, 1997); *N. gracilis* (1.8-) 3.81-5.1 (-7.1) mm vs.

3.5-7.5 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. powellii* 4 mm vs. 5-7 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995).

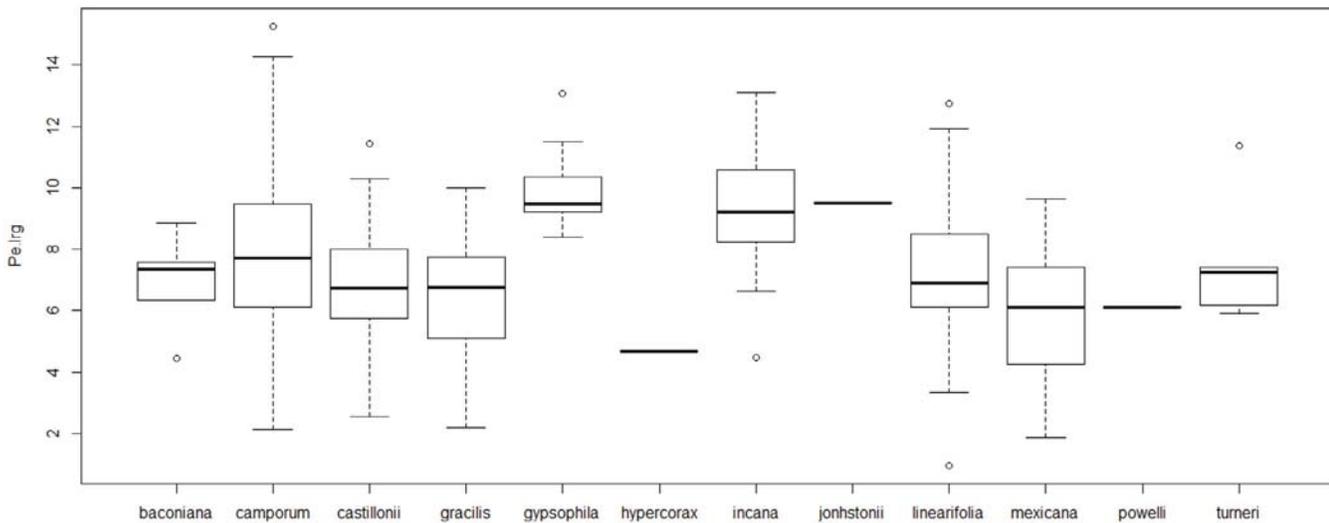
Rangos mayores de variación a lo reportado por autores anteriores, se encontraron en *N. baconiana* (2.2-) 3.7-6.2 (-8.3) mm vs. 4-5 mm (Turner, 1993; Fuentes, 1995 y Henrickson y Johnston, 1997); *N. incana* (2.9-) 5.6-7.3 (-9) mm vs. 8-10 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. mexicana* ((2.2-) 2.9-5 (-7) mm vs. 3.5-5 mm (Fuentes, 1995), 5-6 mm (Henrickson y Johnston, 1997).

### 7. Largo del pétalo

El largo del pétalo es de (0.9-) 6-9 (-15) mm, con una media de  $7.5 \pm 2.31$  mm. *Nerisyrenia gypsophila* (10.6 mm), *N. incana* (9.31 mm) y *N. johnstonii* (9.49 mm) tienen pétalos más largos, mientras que el ejemplar medido de *N. hypercorax* tiene pétalos más cortos (4.6 mm), que, inclusive, están fuera del largo descrito por Alexander et al. (2014) para la especie

(7-9 mm). Por su parte, *N. camporum*, *N. linearifolia* y *N. mexicana* tienen mayor variación en este carácter. La única medida del largo del pétalo de *N. johnstonii*, es congruente con la descrita por Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) 8-11 mm, así como la de *N. powellii* (6.1 mm) con la de Bacon (1978) (6-9 mm).

**Figura 10.** Diagrama de caja de la variación del largo del pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros



Para *N. baconiana* se encontraron pétalos con mayor variación que la registrada (4.4-) 6.5-7.5 (-9) mm vs. 8 mm (Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), así como para *N. turneri* (5.9) 6.1-7.4 (-12) mm vs. 6-9 mm Bacon, 1978, *N. gypsophila* (8.3-) 9.2-10.3 (-13) mm vs. 9-11.5 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1939; Henrickson Johnston 1997), *N. camporum* (2.1-) 6-9.4 (-15.2) mm vs. 8-15 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997) y 23 mm (Fuentes, 1995), *N. castillonii* (2.5-) 5.7-7.9 (-11.4) mm vs. 9-12 mm

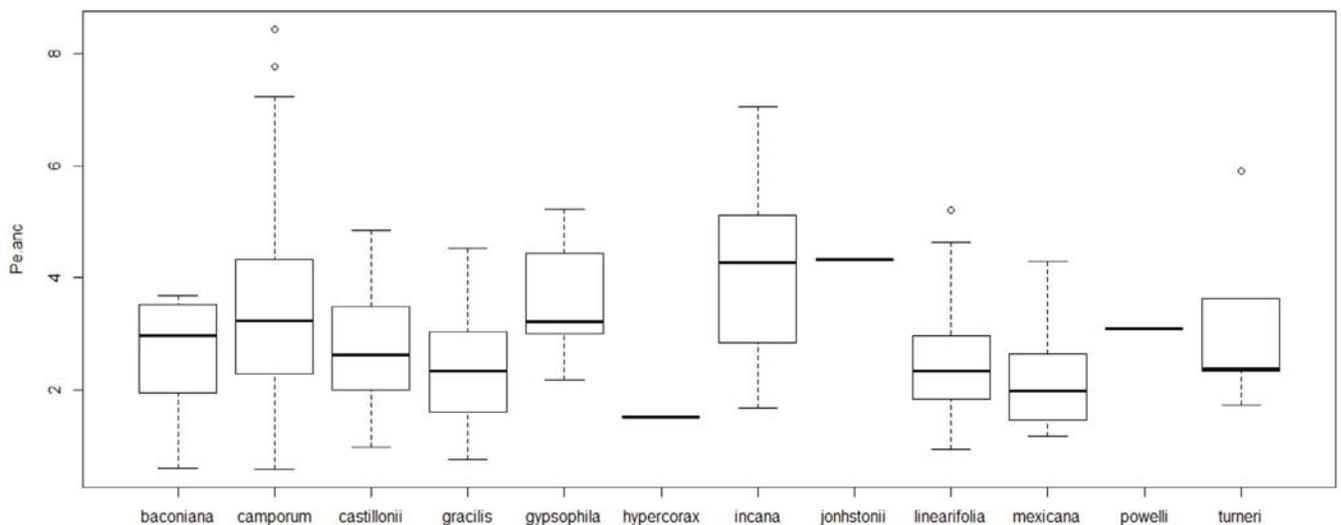
(Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995) y (6-) 9-12 mm (Henrickson y Johnston, 1997), *N. gracilis* (2-) 5.1-7.7 (-10) mm vs. 6-10 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), *N. incana* (4.4-) 8.2-10.3 (-13) mm vs. 9-16 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), *N. linearifolia* (3.9-) 6.1-8.4 (-12) mm vs. 8-13 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997) y *N. mexicana* (1.8) 4.3-7.3 (-9.6) mm vs. 9-12 mm (Henrickson y Johnston, 1997) y 3-9 mm (Fuentes, 1995).

### 8. Ancho del pétalo

El ancho del pétalo varía de (0.6-) 2-4 (-8.5) mm con una media de  $3.2 \pm 1.47$  mm. Como se observa en la tabla 3, hay dos especies con pétalos más anchos: *N. johnstonii* con 4.33 mm y *N. incana*, con una media

de 4.1 mm. Las especie con mayor variación es *N. camporum*, con una media de 3.4 mm. Por su parte, *N. hypercorax* tiene pétalos muy angostos, pero la única medida (1.51 mm) sale del rango descrito por Alexander et al. (2014) (3.5-4.5 mm).

**Figura 11.** Diagrama de caja de la variación del ancho del pétalo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



Las siguientes especies tienen pétalos más angostos y un rango de variación mayor que el considerado por autores previos: *N. gracilis* (0.7) 1.6-3 (-4.5) mm vs. 3-8 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. gypsophila* (2.1-) 2.9-4.4 (-5.2) vs. 4.5-8 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. incana* (1.7-) 2.8-5 (-7) mm vs. 4-8 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. castillonii* (0.9-) 2.7- 3.4 (-4.8) mm vs. 5-8 mm (Bacon, 1978; Fuentes, 1995) o (3-) 5-8 mm Henrickson y Johnston (1997); *N. camporum* (0.5-) 2-4.3 (-8.4) mm vs. 5-9 mm (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997) o 10-15 mm (Fuentes, 1995); *N. linearifolia* (0.9-) 1.8-2.9 (-5.2) mm vs. 4-8.5 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston,

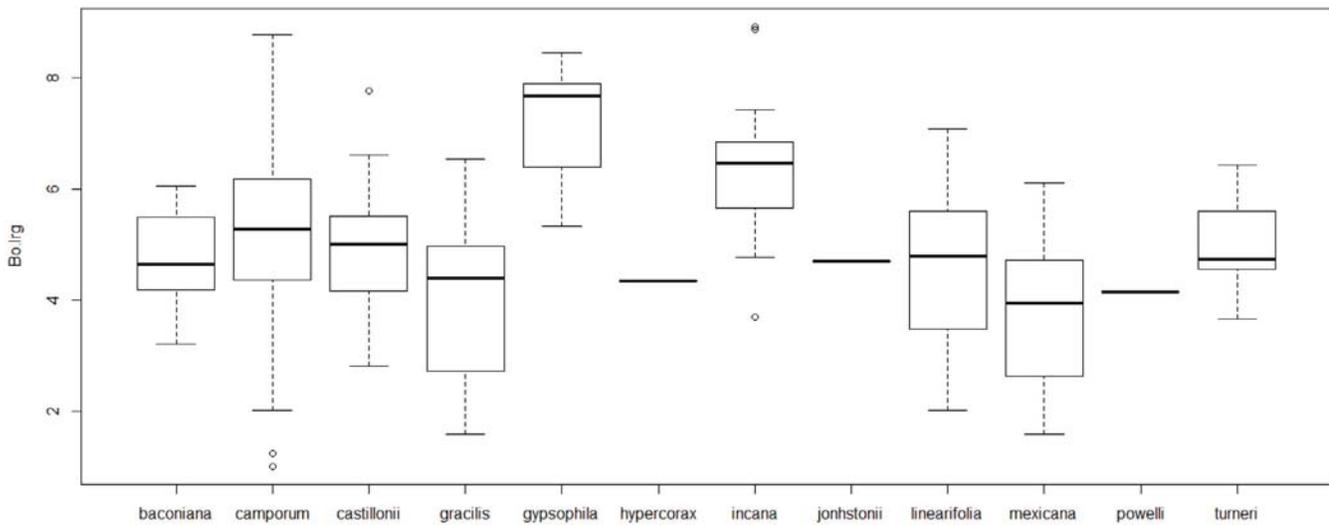
1997); *N. turneri* (1.7-) 2.3-3.6 (6) mm vs. 5-8 mm (Bacon, 1978); *N. mexicana* (1.1-) 1.5-2.6 (-4.2) mm vs. 2-3 mm (Fuentes, 1995) o 4-6 mm (Henrickson y Johnston, 1997).

A diferencia de las anteriores especies, las siguientes tienen el ancho del pétalo similar al reportado por autores anteriores y son: *N. baconiana*, *N. johnstonii* y *N. powellii*. Para *N. baconiana* (0.6-) 2-3.6 mm vs. 1.5-3.5 mm (Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). El único dato para *N. johnstonii* con 4.33 mm cae dentro del rango de 5-8 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), para *N. powellii* la única medida de 3.1 mm vs. 2.5-5 mm (Bacon, 1978 y Fuentes, 1995) está dentro del rango reportado anteriormente en la monografía.

### 9. Largo del botón

El largo del botón mide (1-) 4.1- 6.1 (-8.9) mm con una media de  $5 \pm 1.48$ . Resaltan con los botones más largos *N. gypsophila* (5.3-) 6.4–7.8 (-8.4) mm y *N. incana* (3.7-) 5.7-6.8 (-9) mm, con medias por arriba de la media general de 7.8 y 6.3 mm, respectivamente.

**Figura 12.** Diagrama de caja de la variación del largo del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.

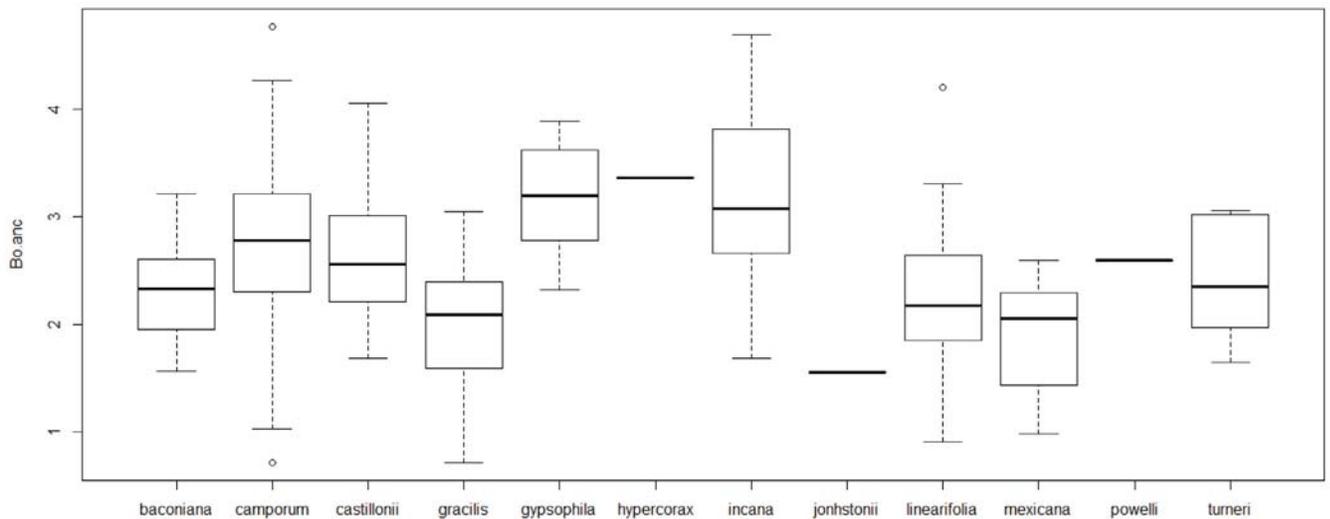


En la Fig. 12 se observan algunas especies con una media menor a la general de 5 mm y son: *N. baconiana* (3.2-) 4.2-5.2 (-6) mm; *N. castillonii* (2.8-) 4.2-5.7 (-7.7) mm, *N. gracilis* (1.5-) 2.7-4.9 (-6.5) mm, *N. linearifolia* (2) 3.4-5.5 (-7) mm, *N. mexicana* (1.5-) 2.8- 4.6 (-6.1) mm y *N. turneri* (3.6-) 4.5-5.6 (-6.4) mm. La única medida para *N. hypercorax* (4.3 mm), *N. johnstonii* (4.7 mm) y *N. powellii* (4.1 mm), se acerca a la media de las demás especies.

### 10. Ancho del botón

El ancho del botón es de (0.7-) 2.1-3.1 (-4.8) mm, con una media de  $2.6 \pm 0.76$  mm. En la Fig. 13 se observa que *N. gypsophila*, *N. incana* y *N. hypercorax* tienen los botones más anchos, con una media de 3.1, 3.1 y 3.3 mm, respectivamente, mientras que *N. johnstonii* tiene los más angostos (1.56 mm), recordar para las dos últimas especies sólo tomamos una medida, también *N. gracilis* y *N. mexicana* reportan anchos cortos con medias menores a 2 mm.

**Figura 13.** Diagrama de caja de la variación del ancho del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.

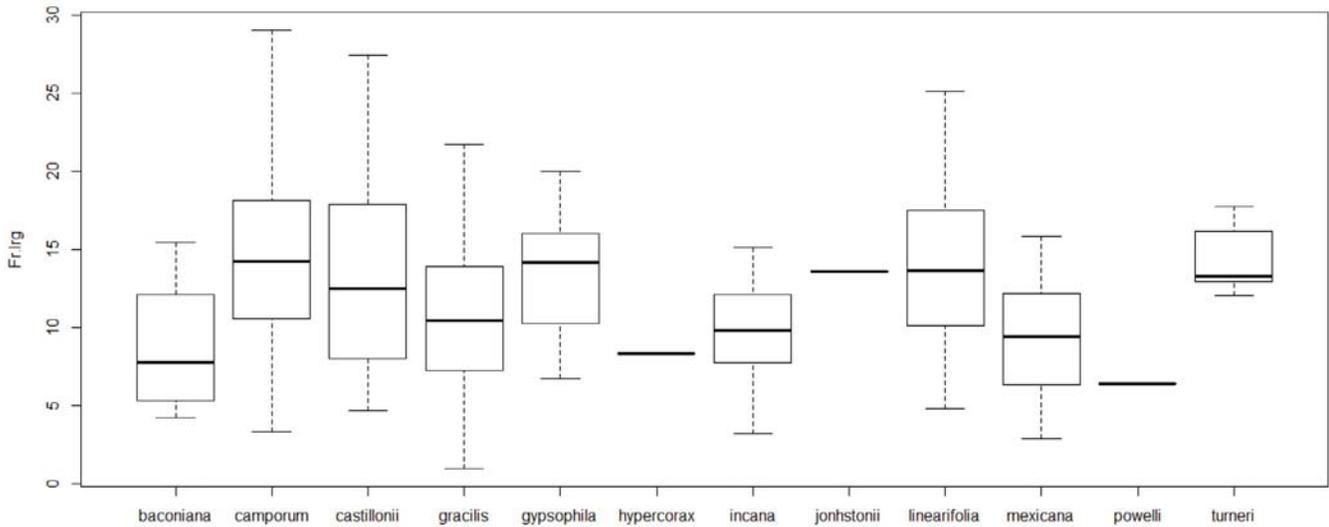


### 11. Largo del fruto

El largo del fruto tiene un rango de (0.9-) 9-17 (-29) mm, con una media de  $13.23 \pm 5.3$  mm. En la Fig. 14, el largo del fruto está por arriba de la media general, para las siguientes morfoespecies: *N. camporum* (14.4 mm),

*N. gypsophila* (13.9 mm), *N. linearifolia* (13.8 mm) y *N. turneri* (14.4 mm), mientras que los más cortos los de *N. baconiana* (8.7 mm), *N. incana* (9.9 mm) y *N. mexicana* (8.6 mm) y *N. powelli* (6.4 mm).

**Figura 14.** Diagrama de caja de la variación del largo del fruto de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.

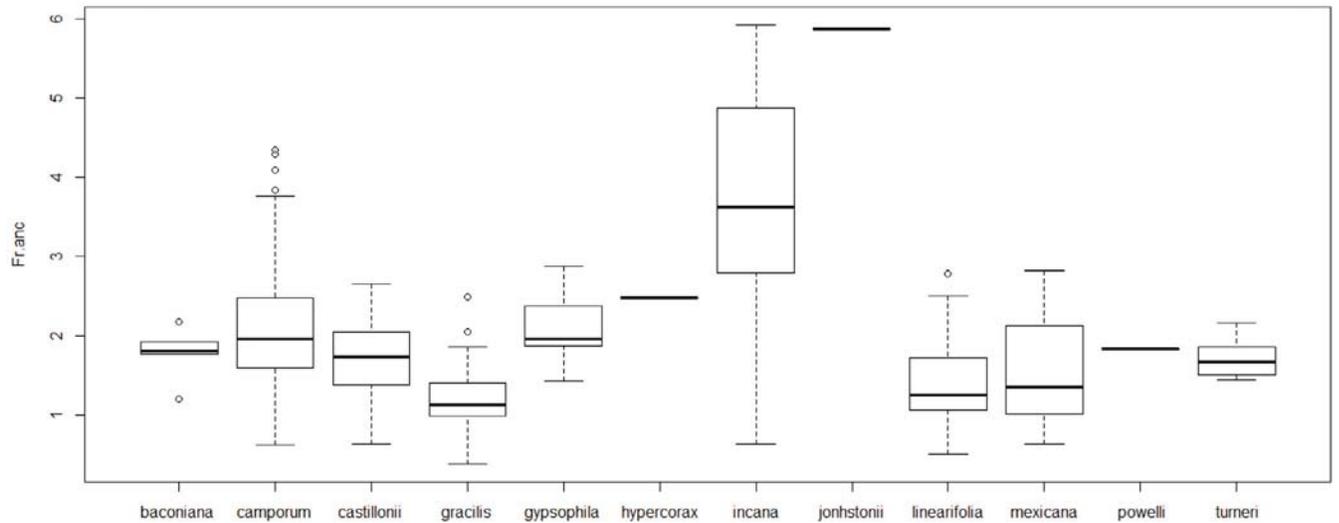


En la Fig. 14, las especies con un solo dato que caen dentro del rango de la variación previamente reportado por otros autores, *N. hypercorax* con 8.3 mm, está dentro de la variación registrada por Alexander et al. (2014) de 5-12 (-16) mm y *N. jonhstonii* con 14 mm, en la de Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) de 10-15 mm. El valor que se encontró para *N. powellii* (6.4 mm) va, de ligeramente menor que el reportado por Bacon (1978) y Fuentes (1995) (7-25 mm), a notablemente con respecto a Fuentes (1995) (20-22 mm). Por otra parte, mientras que en *N. turneri* la variación es similar a la reportada por Bacon (1978) (12-17 mm vs. 12-16.1 (-18) mm), se encontró que en las demás especies difieren notablemente, como *N. gracilis* (0.9-) 7-14 (-22) mm vs. 6-30 (-35) mm Bacon (1978); Rollins, (1993); Fuentes, (1995); Henrickson y Johnston (1997); *N. incana* (3-) 7.7-12 (-15) mm vs.

7-19 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. linearifolia* (4.7-) 10-17.4 (-25) mm vs. 9-40 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997); *N. baconiana* (4.2-) 5.8-11 (-15) mm vs. 6-12 mm (Turner, 1993; Henrickson y Johnston, 1997); *N. camporum* (3-) 10.5-18 (-29) mm vs. 10-40 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), *N. castillonii* (4.6-) 8-18 (-27.4) mm vs. 9-40 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. gypsophila* (6.7-) 10- 16 (-20) mm vs. 15- 30 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997). La única especie con frutos más cortos que lo reportado en la literatura, es *N. mexicana* (2-) 6-11 (-16) mm, ya que Fuentes (1995) considera un largo de hasta de 18 mm, mientras que Bacon (1978) y Rollins (1993) de 15-24 mm.

## 12. Ancho del fruto

**Figura 15.** Diagrama de caja la variación del ancho del fruto de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



El ancho del fruto es de (0.4) 1.3-2.4 (-5.9) mm, con una media de  $2 \pm 0.92$  mm. En la Fig. 15, resaltan *N. incana* con la media más alta de 3.7 mm, y con una sola medida *N. johnstonii* con 5.8 mm y *N. hypercorax* con 2.4 mm. Los frutos más angostos se encuentran en *N. gracilis* con una media de 1.2 mm, *N. linearifolia* (1.4 mm) y *N. mexicana* (1.5 mm).

La medida de *N. johnstonii* cae dentro del rango de variación (5-9 mm) registrado por Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995), y Henrickson y Johnston (1997), así como el de *N. hypercorax* con el de Alexander et al. (2014) (2.2-3 mm).

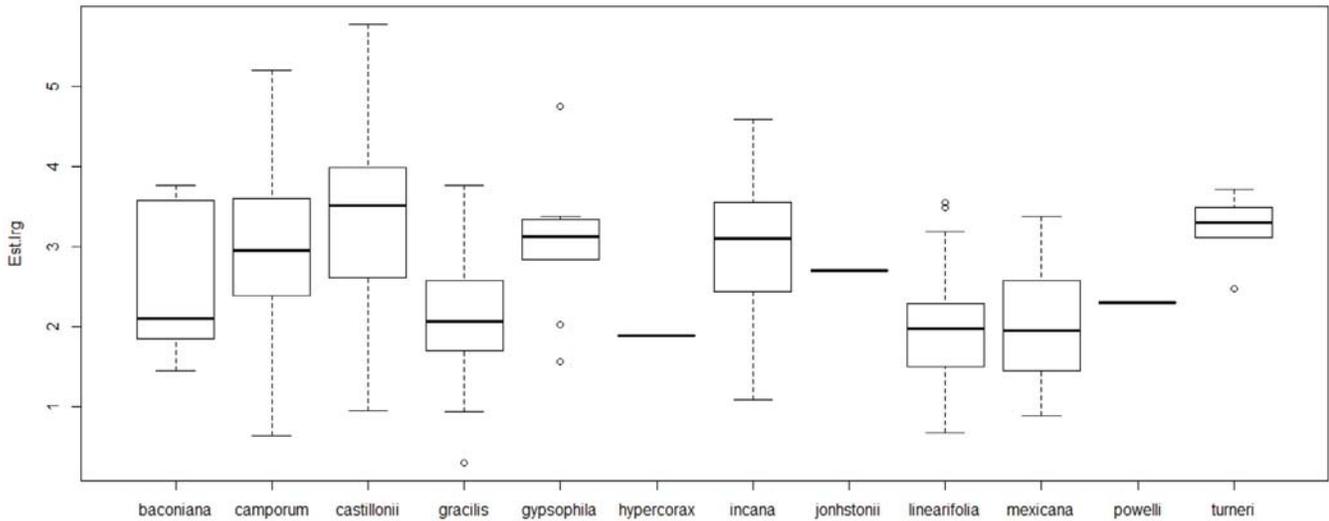
La variación encontrada en este trabajo para el ancho del fruto es similar a la considerada por autores previos en *N. turneri* 1.4 mm vs. 1.2-2 mm (Bacon, 1978), *N. baconiana* (1.2-) 1.7-1.9 (-2.2) mm vs. 1.5-3 mm (Turner, 1993, Fuentes, 1995); *N. camporum* (0.6-) 1.5-2.4 (-4) mm vs. 1.5-3 mm (Rollins, 1993),

1.5-4 mm (Bacon, 1978, Fuentes, 1995), 1.5-3(-4) mm (Henrickson y Johnston, 1997); *N. castillonii* (0.6-) 1.3-2(-2.6) mm vs. 1-2.5 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997); *N. gypsophila* (1.4-)1.8-2.3 (-3) mm vs. 1.9-3 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Henrickson y Johnston, 1997). Los frutos son ligeramente más anchos que lo reportado previamente, para *N. powellii* 1.8 mm vs. 1-1.5 mm (Bacon, 1978 y Fuentes, 1995), mientras que la variación es mayor que la reportada anteriormente para *N. gracilis* (0.3-) 0.9-1.4 (-2.4) vs. 0.7-1.3 (-2) mm (Bacon, 1978), 0.7-2 mm (Rollins, 1993, Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997); *N. linearifolia* (0.5-) 1-1.7 (-2.7) mm vs. 1.2-2 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997); *N. mexicana* (0.6-) 1-2 (-2.8) mm vs. (1.5)2.3-3.6 mm (Bacon, 1978, Henrickson y Johnston, 1997) y *N. incana* (0.6) 2.8-4.8 (5.2) mm vs. 4-9 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997).

### 13. Largo del estilo

El largo del estilo tiene un rango de (0.3-) 2-3.4 (-5.8) mm, con una media de  $2.72 \pm 0.97$  mm. Destacan en la Fig. 16 *N. castillonii* (3.3 mm) y *N. turneri* (3.2 mm) con la media más alta, mientras que *N. gracilis* (2.1 mm) y *N. linearifolia* (1.9 mm) tienen las medias cortas; la única medida de *N. hypercorax* es baja (1.9 mm) y no hay ningún dato precedente.

**Figura 16.** Diagrama de caja de la variación del largo del estilo de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.



En la Fig. 16 las siguientes especies varían respecto al rango considerado por autores previos: *N. linearifolia* (0.6-) 1.5-2.3 (-3.5) mm vs. 0.9-4 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Henrickson y Johnston, 1997.); *N. powellii* 2.3 mm vs. 2.3-2.8 mm (Bacon, 1978), 1.3-2.8 mm (Fuentes, 1995); *N. baconiana* (1.4-) 1.8-3.2 (-3.7) mm vs. 1.5-3.8 mm (Turner, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997); *N. johnstonii* 2.7 mm vs. 2.5- 4 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997); *N. turneri* (2.4-) 3.1-3.4 (-3.7) mm vs. 2.5-3.8 mm (Bacon, 1978); *N. gracilis* (0.2-) 1.7-2.5 (-3.7) mm vs. 1.5-3.8 mm (Bacon, 1978,

Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997); *N. gypsophila* (1.5) 2.8-3.2 (-4.8) mm vs. 2-4 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Henrickson y Johnston, 1997); *N. mexicana* (0.8-) 1.4-2.5 (- 3.3) mm vs. 1-2.5 mm (Fuentes, 1995); *N. castillonii* (0.9-) 2.6 -4 (-5.7) mm vs. 2.7-6.5 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997); *N. incana* (1-) 2.4-3.4 (-4.6) mm vs. 3-6 mm (Bacon, 1978, Rollins, 1993, Fuentes, 1995, Henrickson y Johnston, 1997) y *N. camporum* (0.6-) 2.3-3.6 (-5.2) mm vs. 1.5-4.3 mm (Bacon, 1978), Rollins, 1993, Henrickson y Johnston, 1997), 1-8 mm (Fuentes, 1995).

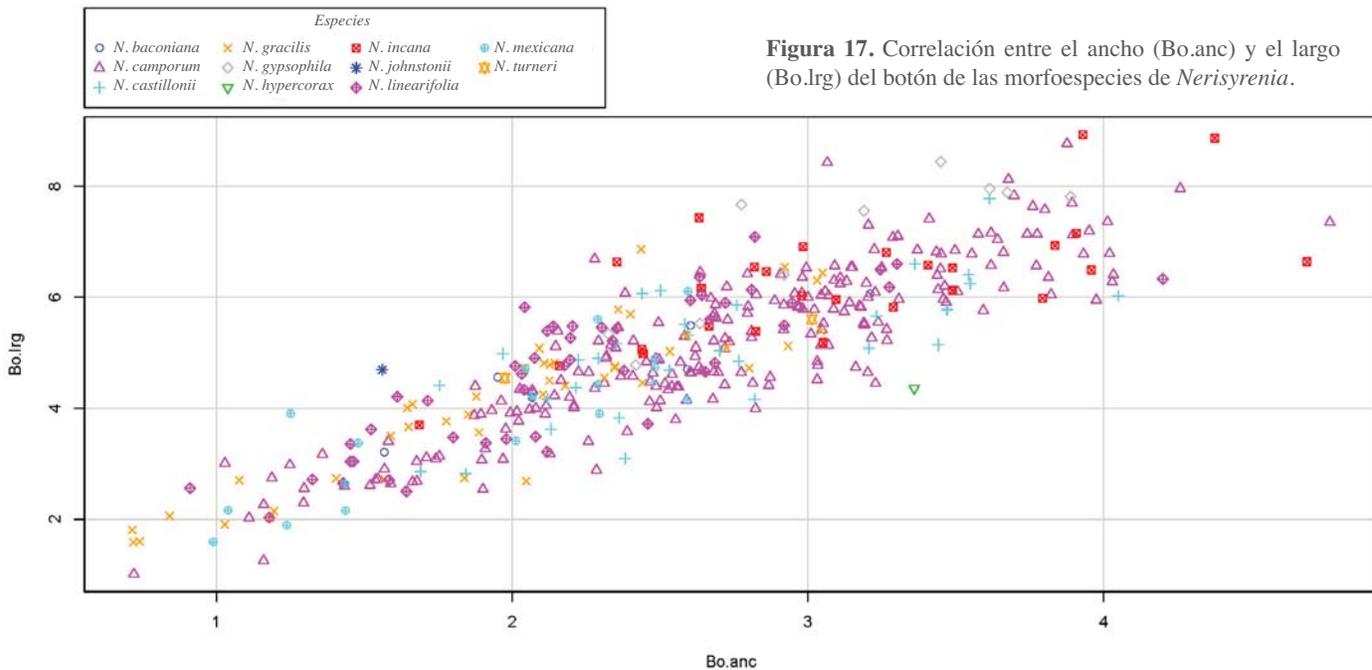
## 4.2. Correlación de Pearson

El análisis de correlación (tabla 5) resultó en cinco valores de r mayores a 0.5: largo/ancho del botón ( $r=0.866$ ), largo de sépalo/largo del pétalo ( $r=0.700$ ), largo/ancho del pétalo ( $r=0.682$ ), largo del sépalo/largo de botón ( $r=0.645$ ), largo de pétalo/largo del botón ( $r=0.653$ ) y largo de pétalo/ancho de botón ( $r=0.607$ ). Los seis valores con posibles pendientes positivos. El largo del pétalo tiene tres valores correlacionados, seguido por el largo y el ancho del botón, con tres correlaciones cada carácter.

**Tabla 5.** Valor r de cada variable por variable de las morfoespecies de *Nerisyrenia* Las correlaciones marcadas en naranja claro.

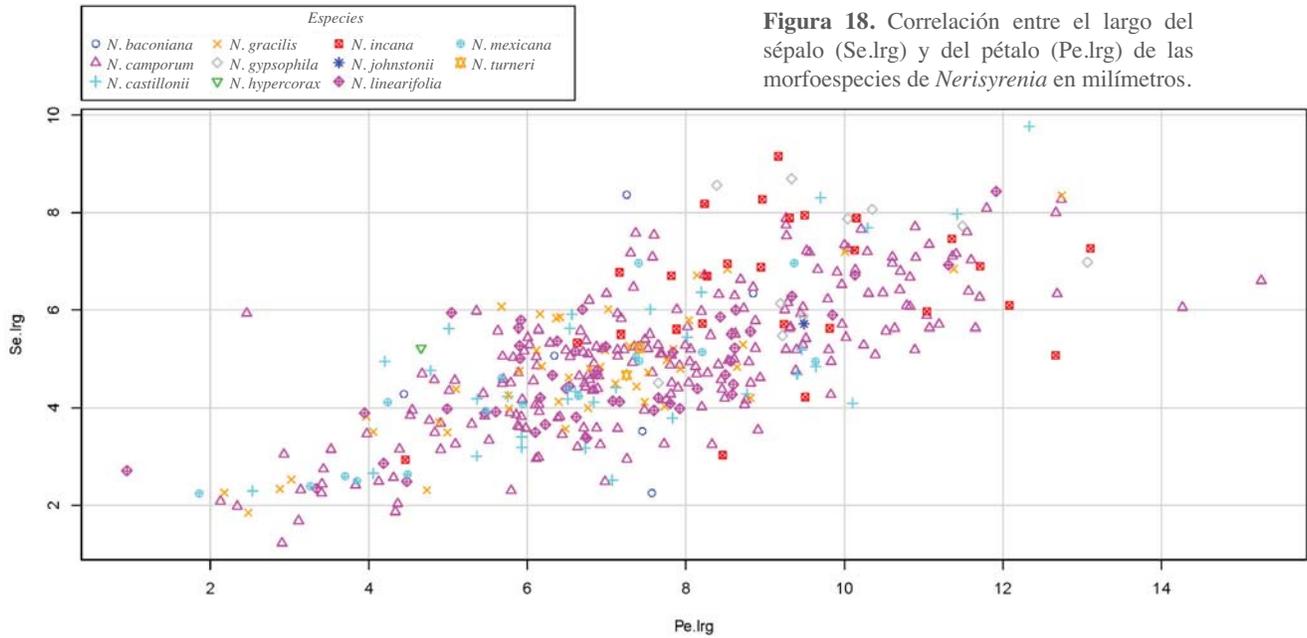
	Bo.anc	Bo.lrg	Est.lrg	Fr.anc	Fr.lrg	Ho.anc	Ho.Fr	Ho.lrg	Inf.	Pe.anc	Pe.lrg	Ped.lrg	Se.lrg
Bo.anc	1												
Bo.lrg	0.8661443	1											
Est.lrg	0.5293068	0.5246361	1										
Fr.anc	0.5115563	0.4229455	0.387478	1									
Fr.lrg	0.002338	0.0181479	-0.52768	-0.011745	1								
Ho.anc	0.4636414	0.4277773	0.5024824	0.4099434	0.0809966	1							
Ho.Fr	0.3802252	0.3620262	0.3789449	0.3190376	-0.034839	0.421944	1						
Ho.lrg	0.2797155	0.3327311	0.239112	0.1475421	-0.042037	0.3686655	0.3409	1					
Inf.	0.4291014	0.4043041	0.338376	0.394522	-0.030277	0.4428887	0.3794	0.336852	1				
Pe.anc	0.5019286	0.4785185	0.3789878	0.3730089	-0.059453	0.375748	0.2988	0.267522	0.3018219	1			
Pe.lrg	0.6079446	0.6535527	0.4837322	0.3539207	-0.032607	0.354056	0.3321	0.342057	0.3494765	0.6828166	1		
Ped.lrg	0.4214326	0.5082257	0.437332	0.2431583	0.0196801	0.281175	0.3817	0.342542	0.3976281	0.3183143	0.447432	1	
Se.lrg	0.5716618	0.6457039	0.4142854	0.337722	-0.059308	0.292327	0.2906	0.316096	0.3381402	0.5517076	0.700819	0.454031	1

La relación más cercana a 1 es ancho/largo del botón, con  $r=0.866$ , con una correlación y clara pendiente positiva (Fig. 17). Al aproximarse a 0.7 se observa una tendencia en pendiente positiva desde el valor 1 hasta el 4 en el eje de las x.



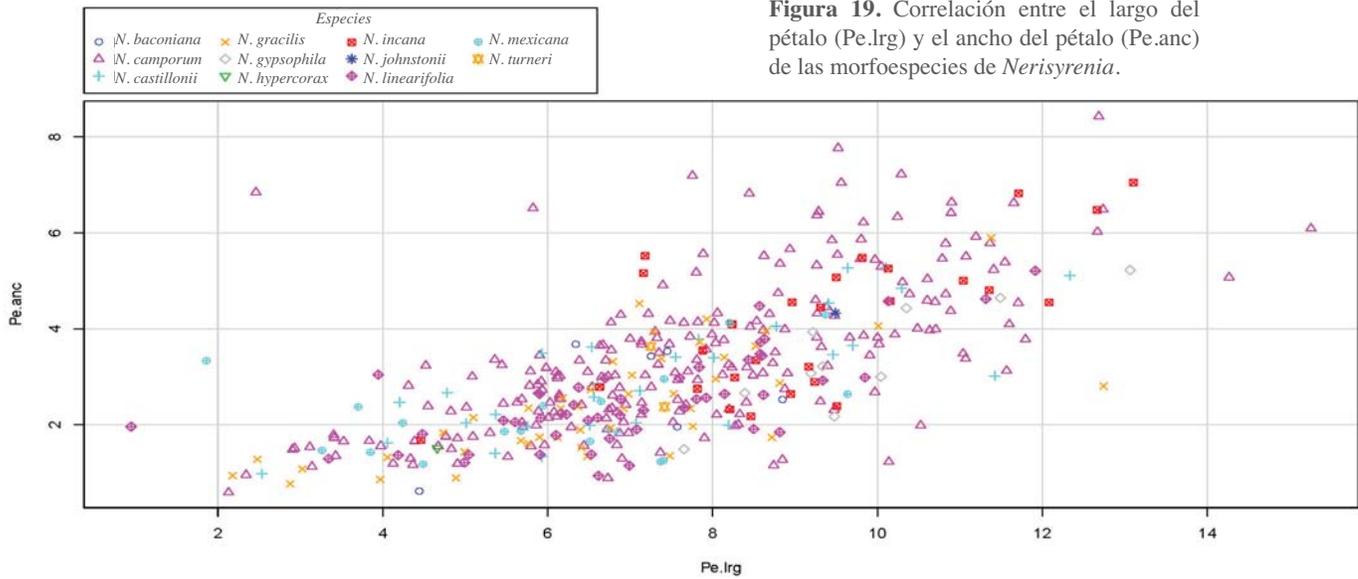
**Figura 17.** Correlación entre el ancho (Bo.anc) y el largo (Bo.lrg) del botón de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.

El valor  $r=0.722$  del largo del sépalo y del pétalo (Fig.18), muestra también una correlación y en el gráfico se observa una pendiente, aunque no tan clara como en la relación del ancho y largo del botón. A partir del valor 2 al 8, la pendiente es perceptible pero del 10 en adelante en la escala, se observa una ligera dispersión de los datos y la pendiente no está clara.

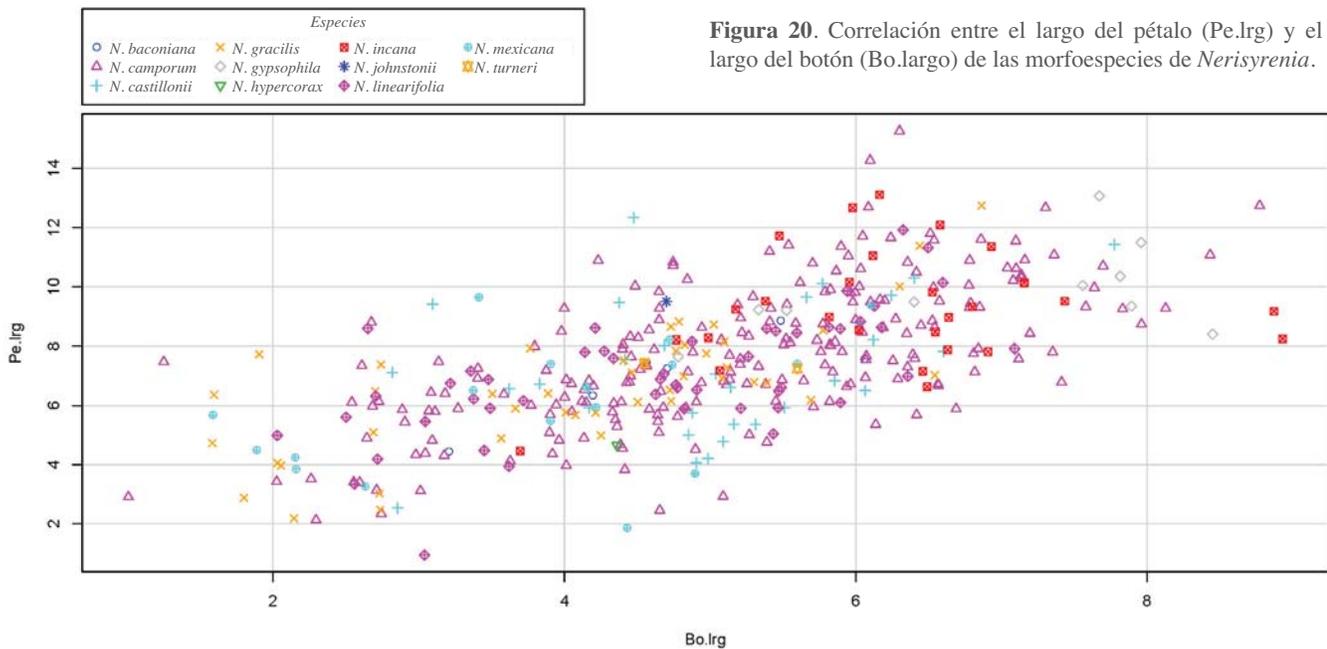


**Figura 18.** Correlación entre el largo del sépalo (Se.lrg) y del pétalo (Pe.lrg) de las morfoespecies de *Nerisyrenia* en milímetros.

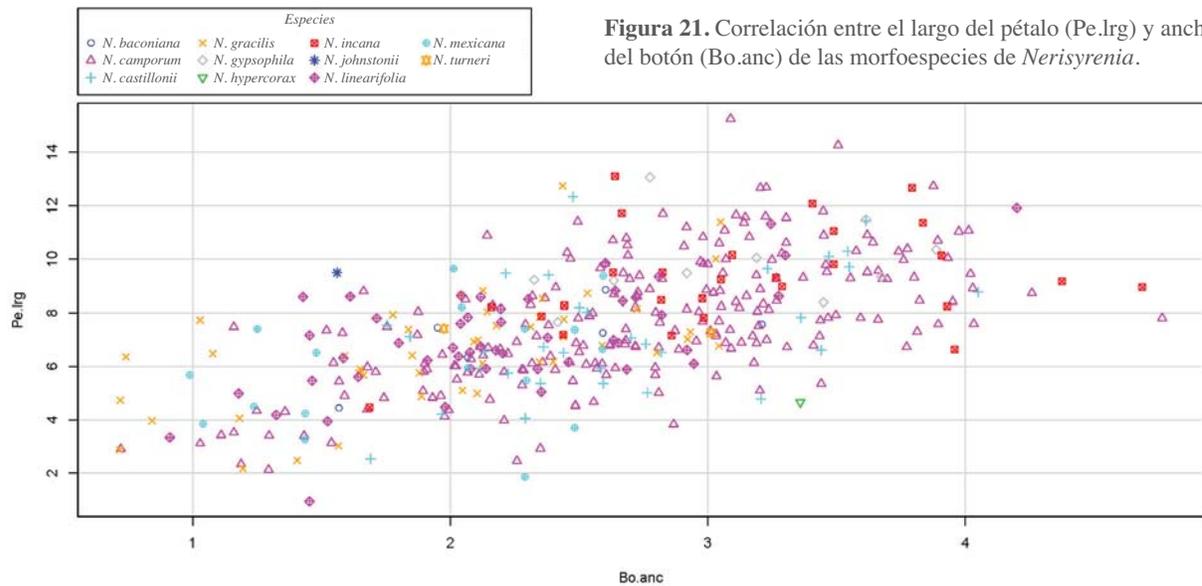
La relación del ancho y el largo del pétalo (Fig. 19), tiene un valor de  $r=0682$ . En la Fig. 19 se observa que los puntos en la pendiente se acumulan entre el 6 y 8 pero dispersan aleatoriamente a partir del 8 en adelante, por lo tanto, no se propone una correlación entre estos dos caracteres.



El coeficiente de largo del pétalo y largo de botón tiene un valor de  $r = 0.653$ , mientras que los datos no tienen un patrón lineal y se aglomeran al centro del gráfico, además, en los valores 2 y 8, se observa una dispersión de los datos (Fig. 20), por lo que esta correlación tampoco es posible



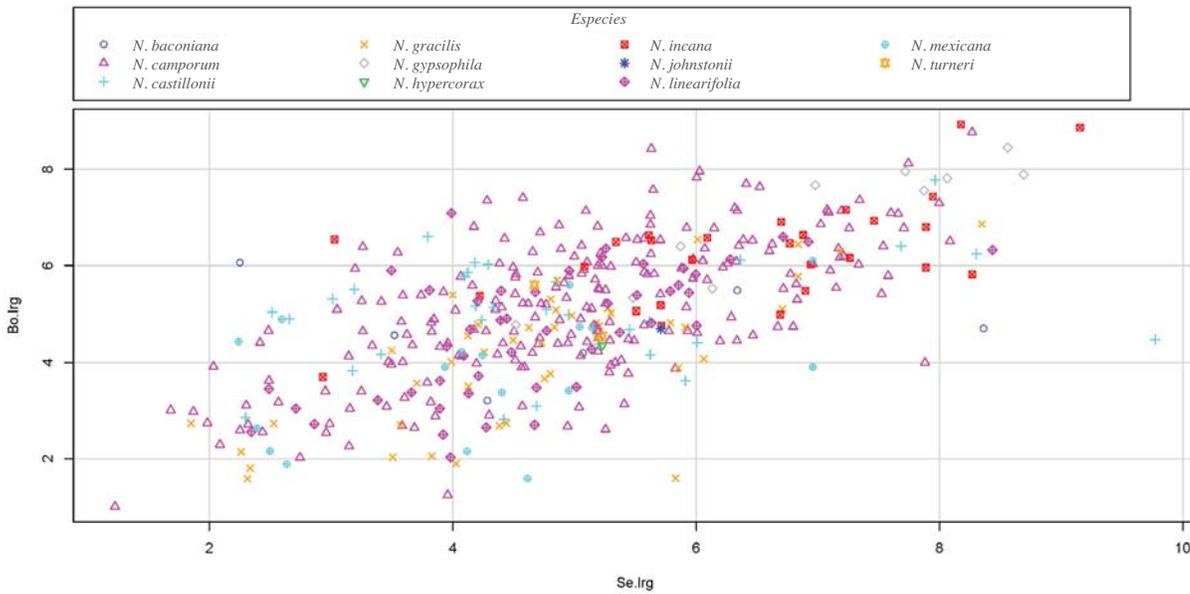
El coeficiente de relación del largo de pétalo y el ancho de botón es de  $r= 0.607$  (Fig. 21), es uno de los valores más bajos de los seis coeficientes que apenas sobrepasan el valor de 0.5, conforme mientras más bajo es el número, es decir, se acerque 0, hay una dispersión de los puntos y no se alcanza a observar una pendiente definida. En la Fig. 21, se observa esta tendencia; hay una mayor dispersión aleatoria de los datos y no hay pendiente clara, además, se observa una nube sin algún patrón de puntos distinguible, sobre todo en los valores entre 4 a 8 en el eje de las x, por lo cual no se puede sugerir que están correlacionados.



**Figura 21.** Correlación entre el largo del pétalo (Pe.lrg) y ancho del botón (Bo.anc) de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.

El coeficiente del largo del pétalo y ancho del botón (Fig. 22) tiene  $r= 0.645$ , sin embargo, la nube de puntos es densa, se logra observar un acomodo inclinado a la derecha, es decir, pendiente positiva pero no muy definida. La mayoría de los puntos se encuentran entre los números 4 y 6, del 6 en adelante se ven dispersos en los individuos.

**Figura 22.** Correlación entre el largo del sépalo (Se.lrg) y ancho del botón (Bo.lrg) de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.



### 4.3. Análisis multivariados

#### 4.3.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)

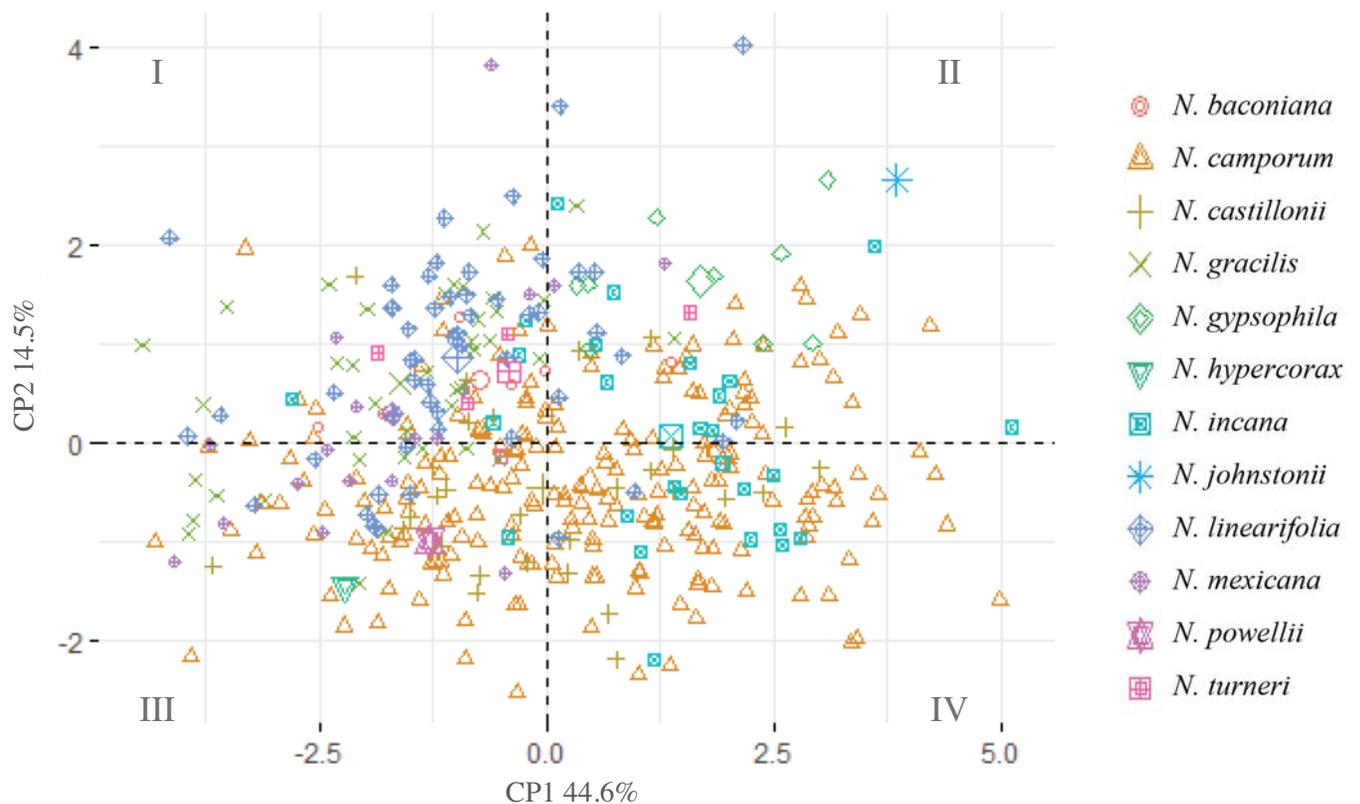
El PCA se realizó con once caracteres originales (tabla 5) más la relación ancho/largo del botón. El primer componente principal (CP 1) explica 38% de la variación, mientras que el segundo componente principal (CP 2) el 10.7% (tabla 6) y suman el 48.7% de la variación total.

En el gráfico generado, a partir de los dos primeros componentes principales (Fig. 23) se observa que hay una dispersión muy notable de *N. camporum*, tiene datos localizados en los cuadrantes I, II III y IV, *N. incana* presenta datos en los cuadrantes II y IV y *N. linearifolia* en los cuadrantes I, II y III. El conjunto no permite evaluar la definición de morfoespecies,

tales como *N. johnstonii*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*. Podemos observar como *N. gracilis* y *N. linearifolia* comparten el mismo patrón de dispersión, mientras que *N. baconiana* y *N. turneri* están inmersas entre estas dos morfoespecies.

Hay una dispersión disyunta de *N. castillonii*, sus datos están muy separados entre sí en todos los cuadrantes. *N. incana* está completamente opuesta al patrón de *N. gracilis*, *N. mexicana* y *N. linearifolia*. La mayoría de lo datos de *N. gypsophila* están ubicados en el cuadrante II en la periferia y guardan cierta cercanía entre ellos y sólo dos datos en el cuadrante I.

**Figura 23.** Primeros componentes principales (CP= componente principal 1 y 2) de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.



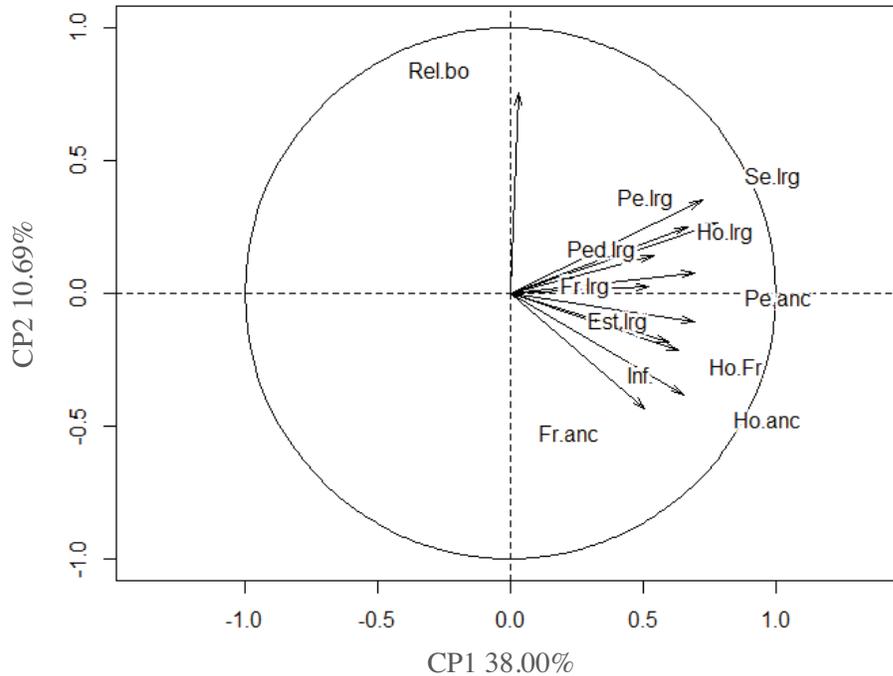
Tanto *N. johnstonii* como *N. hypercorax*, que están representadas por un solo individuo, se separan de la dispersión de los puntos en los extremos en los cuadrantes II y III, respectivamente, aunque *N. hypercorax* queda relativamente comprendida en la dispersión de *N. camporum* pero no están empalmados. Por el contrario, *N. powellii* también, representada por un solo individuo, está inmersa en la dispersión de *N. camporum* y tiene una fuerte cercanía con *N. castillonii*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*.

En la tabla 6, se muestran los siete caracteres con valores altos por arriba de 0.5 y son: el largo del sépalo, largo de pétalo, ancho del pétalo, largo del pedicelo, largo de estilo, ancho de la hoja y largo de la inflorescencia), mientras que, en el segundo componente, el mayor coeficiente es sólo un carácter, la relación largo-ancho del botón, que está por arriba del 0.5.

**Tabla 6.** Coeficientes de los tres primeros componentes de las morfoespecies de *Nerisyrenia*, en letras negritas los de mayor peso por variable.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3
Largo del sépalo	<b>0.72349</b>	0.34996	-0.312563
Largo del pétalo	<b>0.78298</b>	0.26686	-0.37009
Ancho del Pétalo	<b>0.69453</b>	0.07732	-0.46815
Relación de botón	0.03009	<b>0.75631</b>	0.36133
Largo del pedicelo	<b>0.66755</b>	0.251447	0.22262
Largo del fruto	0.52227	0.025243	0.00428
Ancho del fruto	0.50847	-0.43379	-0.1114
Largo del estilo	<b>0.6943</b>	-0.10836	-0.02038
Largo del pedúnculo	0.59793	-0.18646	0.34109
Largo de la hoja	0.54055	0.139953	0.44936
Ancho de la hoja	<b>0.65349</b>	-0.38273	0.19652
Largo de la inflorescencia	<b>0.63589</b>	-0.21684	0.27503
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>38</b>	<b>10.7</b>	<b>8.9</b>

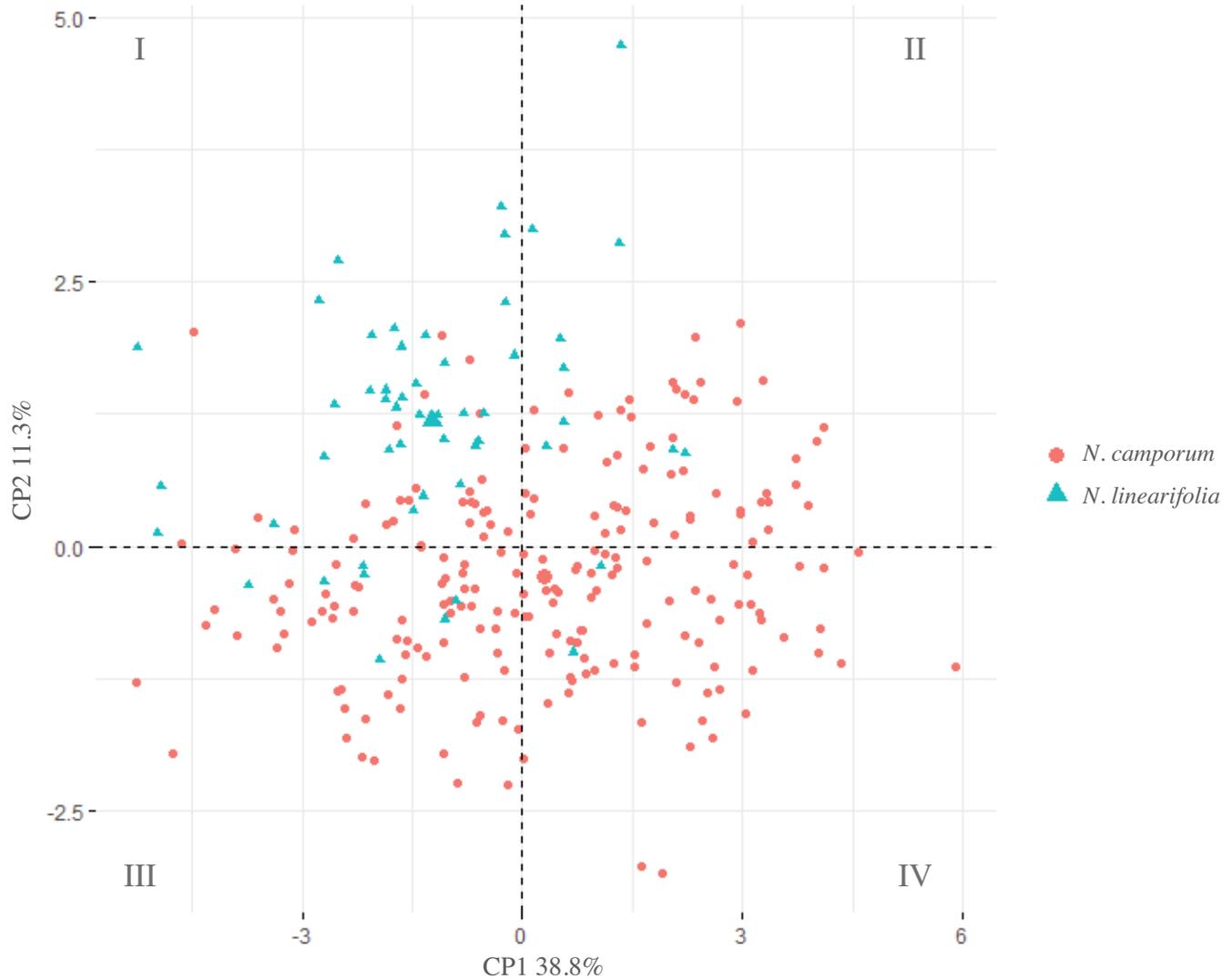
**Figura 24.** Muestra de los vectores de las 12 variables a analizar de las morfoespecies de *Nerisyrenia*



Los vectores de los caracteres se indican a través de flechas (Fig. 24), se observa que cinco son negativas y siete son positivas y once están severamente alineadas en dirección horizontal, es decir, hacía CP 1, y sólo la relación del botón está alineando en el componente 2. La longitud de cada vector indica la varianza de las variables y vectores con mayor longitud son las que tienen mayor peso en la reducción de las variables (tabla 6).

Para destacar la dispersión de los puntos de una forma más localizada y su comportamiento por morfoespecie, se generó un PCA sólo con los datos de las morfoespecies con mayor número de individuos, *N. camporum* y *N. linearifolia*. La variación del primer componente principal (CP 1) es 38.8 % y del segundo componente (CP 2) es de 11.3%, es decir, el 50.1% de la variación total. En el gráfico (Fig. 25) se observa la dispersión de *Nerisyrenia camporum* en los cuatro cuadrantes, aunque domina en los cuadrantes II, III y IV, mientras que *N. linearifolia* tiene nueve puntos, tanto en el cuadrante II, siete en el III y sólo tiene dos puntos en el cuadrante IV.

**Figura 25.** Primeros componentes principales (CP= componente principal 1 y 2) con las dos morfoespecies con mayor número de individuos.

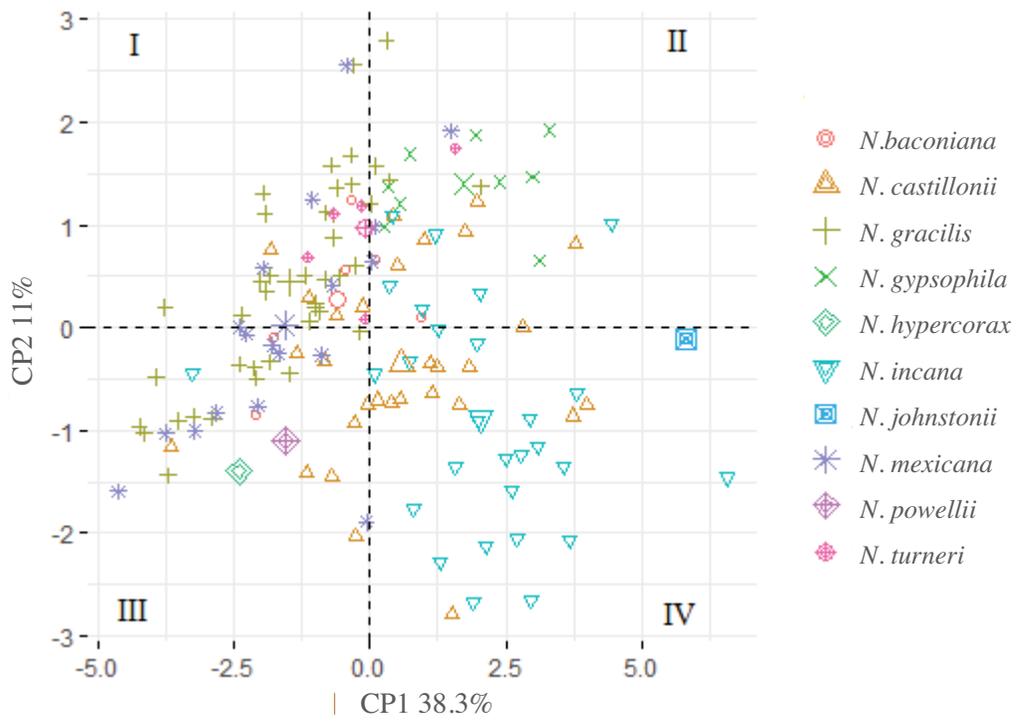


En la tabla 7 los coeficientes que resaltan en el componente principal 1, son: largo del sépalo, largo de pétalo, ancho del pétalo, largo del pedicelo, largo del estilo, largo del pedúnculo y ancho de la hoja con un 38.7% de la variación y en el componente principal 2 la relación del botón.

**Tabla 7.** Coeficientes de los tres primeros componentes de *Nerisyrenia camporum* y *N. linearifolia*, en letras negritas los de mayor peso por variable.

<b>Variables</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>
Largo del sépalo	<b>0.74758</b>	0.32745	-0.29163
Largo del pétalo	<b>0.7708</b>	0.27227	-0.40204
Ancho del Pétalo	<b>0.6677</b>	0.05407	-0.52873
Relación de botón	-0.0213	<b>0.76494</b>	0.31491
Largo del pedicelo	<b>0.67427</b>	0.28112	0.21756
Largo del fruto	0.56223	0.01718	0.04806
Ancho del fruto	0.56951	-0.54249	0.00712
Largo del estilo	<b>0.71952</b>	-0.19726	-0.0282
Largo del pedúnculo	<b>0.65106</b>	-0.07476	0.23724
Largo de la hoja	0.54946	0.19993	0.367728
Ancho de la hoja	<b>0.60414</b>	-0.31599	0.17622
Largo de la inflorescencia	0.59132	-0.15739	0.451955
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>38.7</b>	<b>11.2</b>	<b>9.1</b>

**Figura 26.** Primeros componentes principales (CP= componente principal 1 y 2) con las morfoespecies con un número menor de individuos de *Nerisyneria*.



En el gráfico (Fig. 26) se observa a *N. castillonii* ubicada en los cuatro cuadrantes y dispersa, sin una agrupación clara, aunque con mayor presencia en el cuadrante IV; *N. gypsophila* está únicamente en el cuadrante II, traslapada con *N. castillonii*, *N. turneri* y *N. mexicana*; *N. incana* está en los cuadrantes II y IV; *N. hypercorax* y *N. powellii* se ubican en el cuadrante III, cercanas a *N. gracilis* y *N. castillonii*; *N. johnstonii* se encuentra aislada de las demás morfoespecies en el

cuadrante IV. En general se aprecia una tendencia a la agrupación de *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. mexicana*, *N. baconiana* y *N. turneri*.

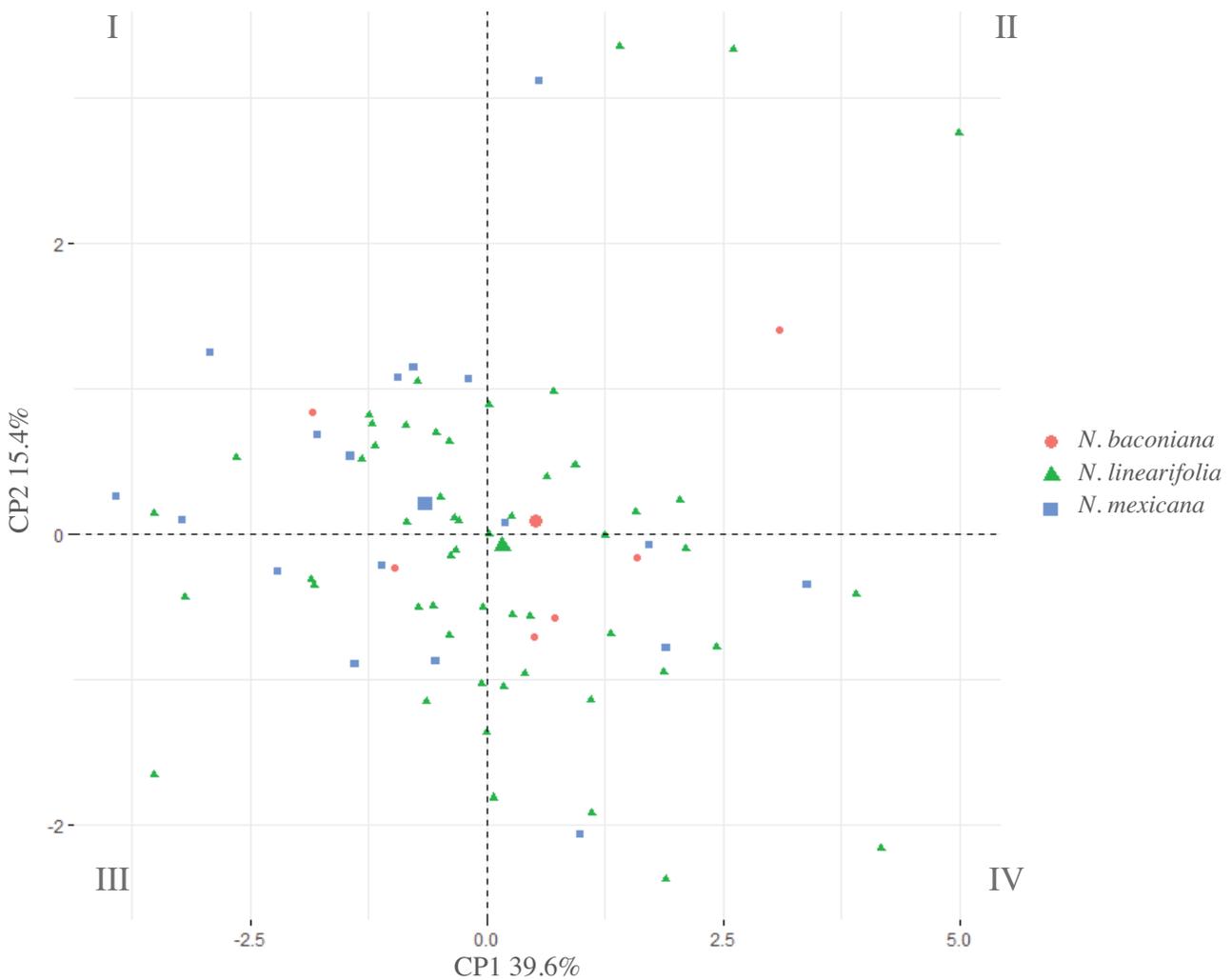
Los coeficientes (tabla 8) que tienen un valor alto en el primer componente principal 1, son: largo del sépalo, largo de pétalo, ancho del pétalo, largo del pedicelo, largo del estilo, ancho de la hoja y largo de la inflorescencia y segundo componente principal sólo tiene la relación del botón con un valor alto.

**Tabla 8.** Coeficientes de tres componentes principales con las morfoespecies con un número menor de individuos de *Nerisyneria*. En negritas los valores altos.

<b>Variab</b> les	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>
Largo del sépalo	<b>0.72990</b>	0.272572	-0.347582
Largo del pétalo	<b>0.80423</b>	0.141584	-0.414624
Ancho del pétalo	<b>0.73358</b>	0.056104	-0.469972
Relación de botón	0.15576	<b>0.575535</b>	0.056250
Largo del pedicelo	<b>0.62751</b>	0.320494	0.203610
Largo del fruto	0.39229	0.387742	0.344507
Ancho del fruto	0.56168	-0.43231	-0.04986
Largo del estilo	<b>0.65959</b>	0.077163	0.204397
Largo del pedúnculo	0.48542	-0.41163	0.228949
Largo de la hoja	0.54030	0.171108	0.544970
Ancho de la hoja	<b>0.73265</b>	-0.402153	0.266242
Largo de la inflorescencia	<b>0.70390</b>	-0.288272	-0.06708
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>38.3</b>	<b>10.9</b>	<b>9.54</b>

El último PCA (Fig. 27) abarca al complejo *Nerisyrenia linearifolia*, que comprende tres morfoespecies, *N. baconiana*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*. En el componente principal 1 hay un 32.3% de variación y en el componente principal 2 el 12.6%; hay un total de 44.9% de la variación. Las tres están dispersas en los cuatro cuadrantes, sin ningún patrón de agrupación por morfoespecie, ya que se traslapa la variación de los individuos.

**Figura 27.** Primeros componentes principales (CP= componente principal 1 y 2) con las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia*.



Los coeficientes de los tres primeros componentes principales (tabla 9) son el largo del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo, largo de pedicelo, largo del estilo y largo de la hoja. En el segundo componente principal 2, resaltan relación del botón y ancho del fruto.

**Tabla 9.** Coeficientes de los tres primeros componentes principales de los 12 caracteres con las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia*.

<b>Variable</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>	<b>CP 3</b>
Largo del sépalo	<b>0.74483</b>	-0.27371	-0.10731
Largo del pétalo	<b>0.74984</b>	0.37188	-0.16309
Ancho del Pétalo	<b>0.64493</b>	-0.19870	-0.42410
Relación de botón	0.19804	<b>-0.65006</b>	0.11529
Largo del pedicelo	<b>0.70280</b>	-0.10037	0.06199
Largo del fruto	0.44741	0.28479	-0.35202
Ancho del fruto	0.30540	<b>0.61389</b>	-0.44916
Largo del estilo	<b>0.63943</b>	0.12560	-0.17525
Largo del Pedúnculo	0.52975	0.20149	0.57716
Largo de la hoja	<b>0.60361</b>	-0.06869	0.41269
Ancho de la hoja	0.52436	0.26406	0.42988
Largo de la inflorescencia	0.43009	0.49103	0.31112
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>32.2</b>	<b>12.6</b>	<b>10.4</b>

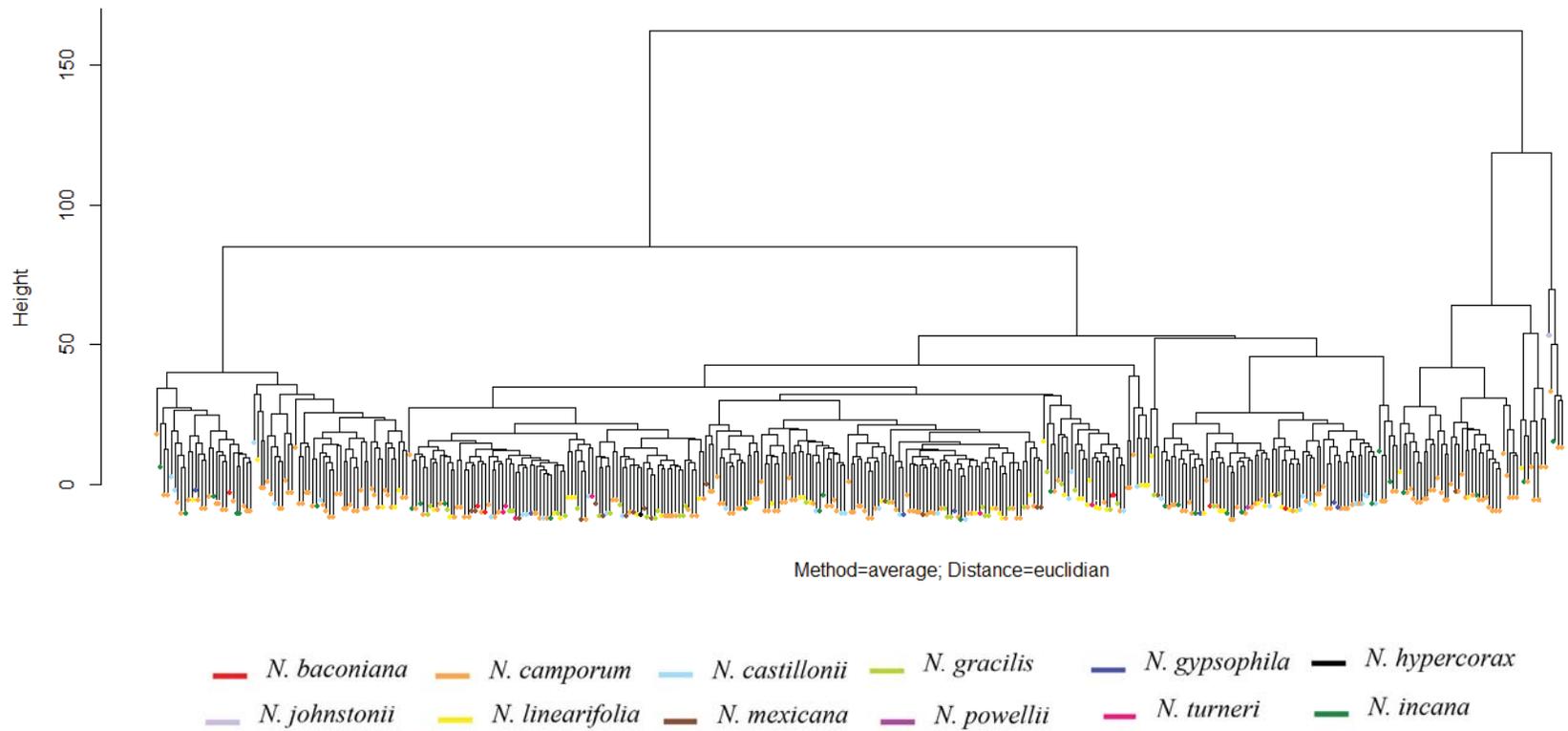
### 4.3.2. Análisis de conglomerados (CA)

El análisis de conglomerados fue efectuado con las doce variables cuantitativas y las doce morfoespecies, a través del índice de correlación cofenética, con la función de distancia euclidiana y el algoritmo de agrupación de ligamento promedio UPGMA, obteniendo 0.8337, el valor más cercano a uno.

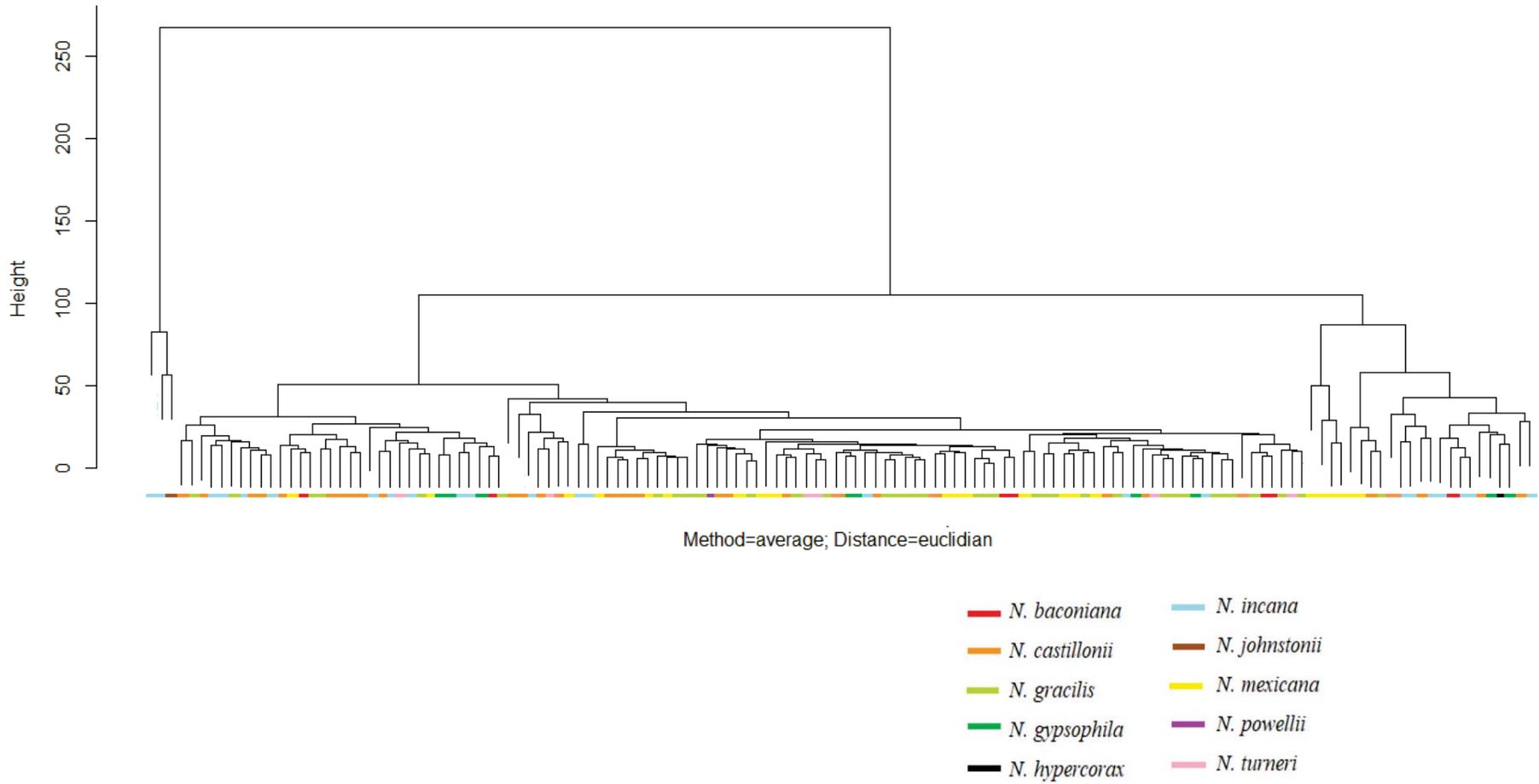
El dendrograma (Fig. 28) no recupera agrupaciones que se puedan relacionar con las morfoespecies reconocidas en este estudio, ya que *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis* y *N. linearifolia*, representadas por un alto número de individuos, se recuperan en todos los grupos del dendrograma. Las morfoespecies que tienen individuos únicos como *N. johnstonii* y *N. powellii*, se agrupan con *N. camporum*, mientras que *N. hypercorax* se agrupa con *N. linearifolia*. Por su parte, *N. gypsophila* se recupera en el grupo de *N. camporum* y *N. baconiana* agrupados con algunos individuos de *N. linearifolia*, mientras que algunos individuos de *N. turneri* se recuperan con individuos de *N. linearifolia* y otros con *N. gracilis*.

En el dendrograma (Fig. 29), que resultó de omitir las especies de amplia variación (*N. camporum* y *N. linearifolia*) y que, contiene las morfoespecies de distribución restringida (*N. baconiana*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*), a través de la distancia euclidiana y UPGMA, con un valor alto de 0.822, no se logra recuperar ninguna agrupación relacionada con las morfoespecies reconocidas. Sin embargo, seis individuos de *N. mexicana* están muy cercanos, *N. castillonii* y *N. gracilis* tienen tres o más individuos cercanos a lo largo de todo el análisis, pero no forman agrupaciones bien definidas. Las morfoespecies, con un sólo representante se recuperan con otras: *N. johnstonii* con *N. incana*, *N. hypercorax* con *N. gypsophila* y *N. powellii* con *N. castillonii*.

**Figura 28.** Dendograma de las doce morfoespecies de *Nerisyrenia*

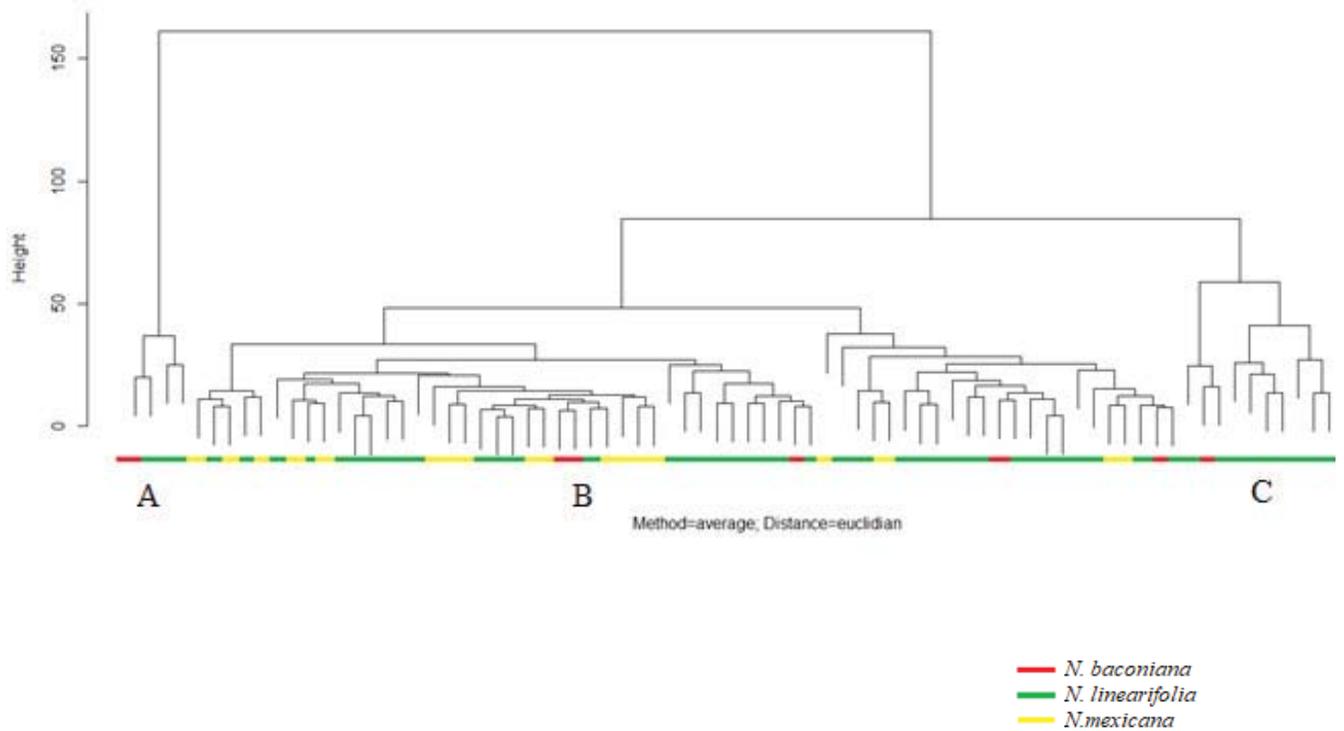


**Figura 29.** Dendograma de las doce morfoespecies de *Nerisyrenia*



En el dendrograma (Fig. 30) derivado del análisis del complejo *Nerisyrenia linearifolia*, con un índice cofenético de 0.817, con distancia euclidiana y UPGMA, se observa que *N. baconiana* no forma ninguna agrupación, al tener dispersos todos los individuos en todo el dendrograma y los individuos de *N. linearifolia* y *N. mexicana* tampoco se agrupan.

**Figura 30.** Dendrograma del complejo *Nerisyrenia linearifolia*.

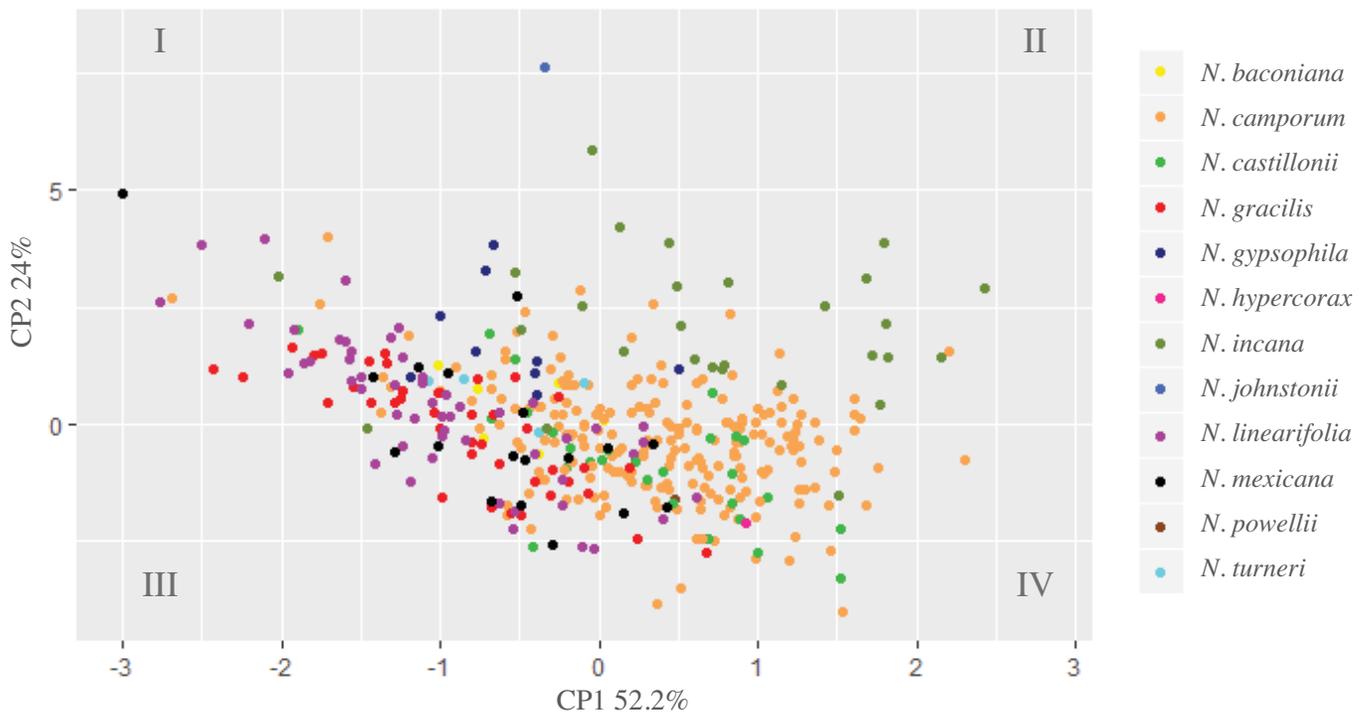


### 4.3.3. Análisis discriminante lineal (LDA).

El primer análisis discriminante lineal se ejecutó con doce variables y con todas las morfoespecies: *N. baconiana*, *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri* (Fig. 31). Las primeras dos funciones discriminantes aportan el 50.2 % y 24.8 % de la variación y en conjunto explican el 75 % de la variación total. En la Fig. 31 se aprecia una dispersión en la cual convergen la mayoría de los individuos, sin distinguirse grupos claros. La mayoría de los individuos de *N. camporum*

y *N. castillonii* están ubicados en los cuadrantes II y IV y pocos en el I y III. *N. linearifolia*, *N. mexicana* y *N. gracilis* tienen mayor presencia en los cuadrantes I y III. Por otra parte, hay morfoespecies que sólo están ubicadas en un cuadrante, como *N. incana* cuadrante II y *N. gypsophila* en el cuadrante I. En el caso particular de las morfoespecies que cuentan con un solo individuo, *N. hypercorax* y *N. powellii*, ubicadas en el cuadrante IV, inmersas y cercanas con las demás morfoespecies de su cuadrante, mientras que *N. johnstonii* está completamente alejada en el cuadrante I.

**Figura 31.** Dos primeras funciones discriminantes de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.



En la tabla 10 se muestran los coeficientes de las funciones discriminantes, donde resaltan los valores altos de la relación del botón (LD2), el ancho del fruto (LD2) y largo del estilo (LD3).

**Tabla 10.** Coeficientes de tres funciones discriminantes De las morfoespecies de *Nerisyrenia*. En negritas los valores altos.

<b>VARIABLES</b>	<b>LD1</b>	<b>LD2</b>	<b>LD3</b>
Largo del sépalo	-0.069714	0.31222	0.26222
Largo del pétalo	-0.035480	0.08240	-0.15772
Ancho del Pétalo	0.212146	-0.021768	-0.014613
Relación de botón	-0.57728	<b>1.336022</b>	-1.044332
Largo del pedicelo	0.001992	-0.060299	-0.298655
Largo del fruto	-0.020283	-0.126960	-0.047199
Ancho del fruto	0.3365760	<b>0.929391</b>	0.108810
Largo del estilo	0.2784813	-0.1872977	<b>0.882415</b>
Largo del pedúnculo	0.0118438	-0.003162	-0.016792
Largo de la hoja	-0.061647	0.008307	0.027962
Ancho de la hoja	0.230299	-0.129970	-0.030926
Largo de la inflorescencia	0.003804	0.003284	-0.005936
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>50.2</b>	<b>24.8</b>	<b>11.44</b>

**Tabla 11.** Probabilidad de cada morfoespecie de *Nerisyrenia* en la predicción conforme a la etiqueta asignada.

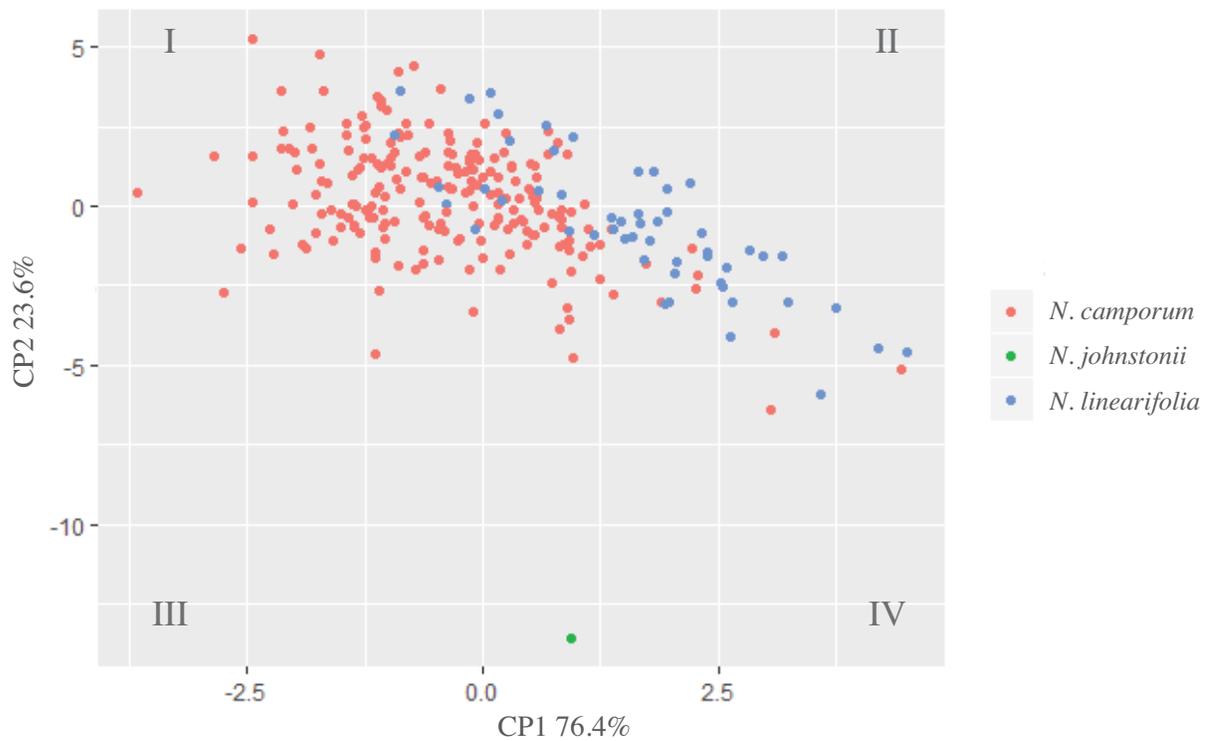
<i>N. baconiana</i>	0.4000000	<i>N. incana</i>	0.6923077
<i>N. camporum</i>	0.9532710	<i>N. johnstonii</i>	1.0000000
<i>N. castillonii</i>	0.2307692	<i>N. linearifolia</i>	0.8000000
<i>N. gracilis</i>	0.6190476	<i>N. mexicana</i>	0.2727273
<i>N. hypercorax</i>	1.0000000	<i>N. powellii</i>	0.00245098
<i>N. gypsophila</i>	0.8000000	<i>N. turneri</i>	1.0000000

En la tabla 11, se presentan las probabilidades de acierto respecto a las etiquetas para cada uno de los grupos, en donde destaca *N. camporum* con un 0.95 de acierto en la identificación de los individuos marcados con esa etiqueta. Las morfoespecies con porcentajes mayores a 0.50 son: *N. gypsophila* y *N. linearifolia* con 0.80, *N. incana* con 0.69 y *N. gracilis* con 0.61. Las morfoespecies con un único individuo representado, tienen 1, que equivale a 100% de identificación correcta.

En un segundo análisis se incluyeron sólo *N. camporum* y *N. linearifolia* (Fig. 32), para visualizar su comportamiento independiente, debido al alto número de individuos medidos, y se agregó *N. johnstonii*, debido a que matemáticamente es necesario contar con tres variables dependientes (morfoespecies), para realizar el cálculo de los coeficientes y su propia función discriminante, se eligió a *N. johnstonii* por estar más alejada en el análisis anterior. Las únicas dos funciones discriminantes aportan el 76.4% y 23.6%

de variación total. En la Fig. 32, se observa, en el lado derecho, cuadrantes II y IV, una mayor representación de los individuos de *N. linearifolia*, pero también hay entidades dispersas de *N. camporum* intercalándose, en cambio, del lado izquierdo predomina *N. camporum* en los cuadrantes I y III, pero con muy pocos individuos de *N. linearifolia* y claramente *N. johnstonii* continúa alejada de estas dos morfoespecies.

**Figura 32.** Dos primeras funciones discriminantes de *Nerisyrenia camporum*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*



Los coeficientes con mayor valor en la tabla 12, son la relación del botón con dos coeficientes altos, en la primera función discriminante 0.94 y en la segunda función discriminante -1.90, junto con el ancho del fruto y el largo de estilo.

**Tabla 12.** Coeficientes de tres funciones discriminantes de *Nerisyrenia camporum*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*.

<b>VARIABLES</b>	<b>LD1</b>	<b>LD2</b>
Largo del sépalo	0.127895628	0.222186497
Largo del pétalo	0.061452277	-0.018903730
Ancho del pétalo	-0.225209460	-0.066643946
Relación de botón	0.949945218	<b>-1.901129666</b>
Largo del pedicelo	-0.008962891	-0.218473495
Largo del fruto	0.041122033	0.078026307
Ancho del fruto	-0.428577425	<b>-1.150682345</b>
Largo del estilo	<b>-0.490005412</b>	0.437572816
Largo del pedúnculo	-0.007430524	-0.018390641
Largo de la hoja	0.069069980	0.007141666
Ancho de la hoja	-0.193458800	0.050007378
Largo de la inflorescencia	-0.001990099	-0.002525797
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>76.4</b>	<b>23.6</b>

La predicción para cada una de las morfoespecies, con base en las variables y su número de individuos, se presentan en la tabla 13. Las tres morfoespecies tienen una probabilidad alta, mayor a 0.50 en la identificación correcta de las etiquetas.

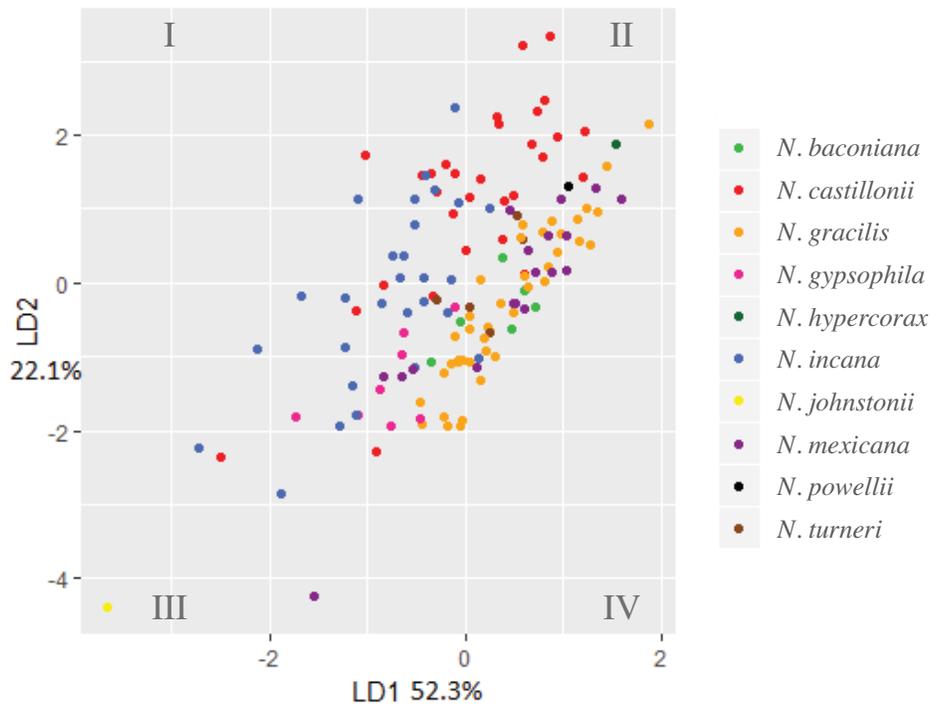
**Tabla 13.** Probabilidad de cada morfoespecie en la predicción de *Nerisyrenia camporum*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*.

<i>N. camporum</i>	0.9767442
<i>N. johnstonii</i>	1.0000000
<i>N. linearifolia</i>	0.7169811

En el tercer análisis con las morfoespecies, sin *N. camporum* ni *N. linearifolia* (*N. baconiana*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. mexicana*, *N. powellii*, *N. turneri*), se observa en la primera función discriminante, la variación de 52.3%, mientras en la segunda función discriminante, la variación es de 22.1%, sumando el 74.4% de la variación total. En la fig. 33 hay un traslapamiento entre las morfoespecies, mientras que *N. castillonii* y *N. incana*, se separan ligeramente del resto en los cuadrantes II y III, respectivamente. Por otra parte, en los cuadrantes III y IV, *N. gypsophila* queda inmersa

en *N. incana*, *N. gracilis* y *N. turneri*. Particularmente, *N. mexicana*, *N. gracilis* y *N. baconiana*, comparten la misma dimensión en los cuadrantes II y IV. Respecto a las morfoespecies con un solo individuo muestreado, está *N. johnstonii*, completamente aislada de cualquier otra morfoespecie en el cuadrante III. En el cuadrante II, *N. hypercorax* está cercana a *N. castillonii* y *N. gracilis*, mientras que *N. powellii* está entre *N. castillonii* y el conjunto de *N. gracilis* en el cuadrante II.

**Figura 33.** Dos primeras funciones discriminantes de 10 especies de las morfoespecies de *Nerisyrenia*



En la tabla 14 se presentan los coeficientes de los 12 caracteres de las tres primeras funciones discriminantes. Los caracteres con los valores más altos son la relación del botón, ancho del pétalo, largo del pedicelo y largo del estilo.

**Tabla 14.** Coeficientes de tres componentes principales de las morfoespecies de *Nerisyrenia*. En negritas los valores altos.

Variables	LD1	LD2	LD3
Largo del sépalo	-0.027190	-0.274136	-0.198159
Largo del pétalo	-0.061725	-0.1751841	0.1826612
Ancho del pétalo	-0.160939	0.138082	<b>-0.440475</b>
Relación de botón	-0.652801	<b>-1.117770</b>	0.726361
Largo del pedicelo	0.057568	-0.143363	<b>0.408021</b>
Largo del fruto	0.009562	0.092665	0.098221
Ancho del fruto	-0.227969	-0.346224	-0.394548
Largo del estilo	0.140607	<b>0.613956</b>	-0.360586
Largo del pedúnculo	-0.008784	0.011052	-0.007371
Largo de la hoja	0.053546	0.015585	-0.038325
Ancho de la hoja	-0.385850	0.277365	0.166614
Largo de la inflorescencia	-0.006407	-0.008470	-0.002053
<b>Variación explicada (%)</b>	<b>52.3</b>	<b>22.1</b>	<b>13.5</b>

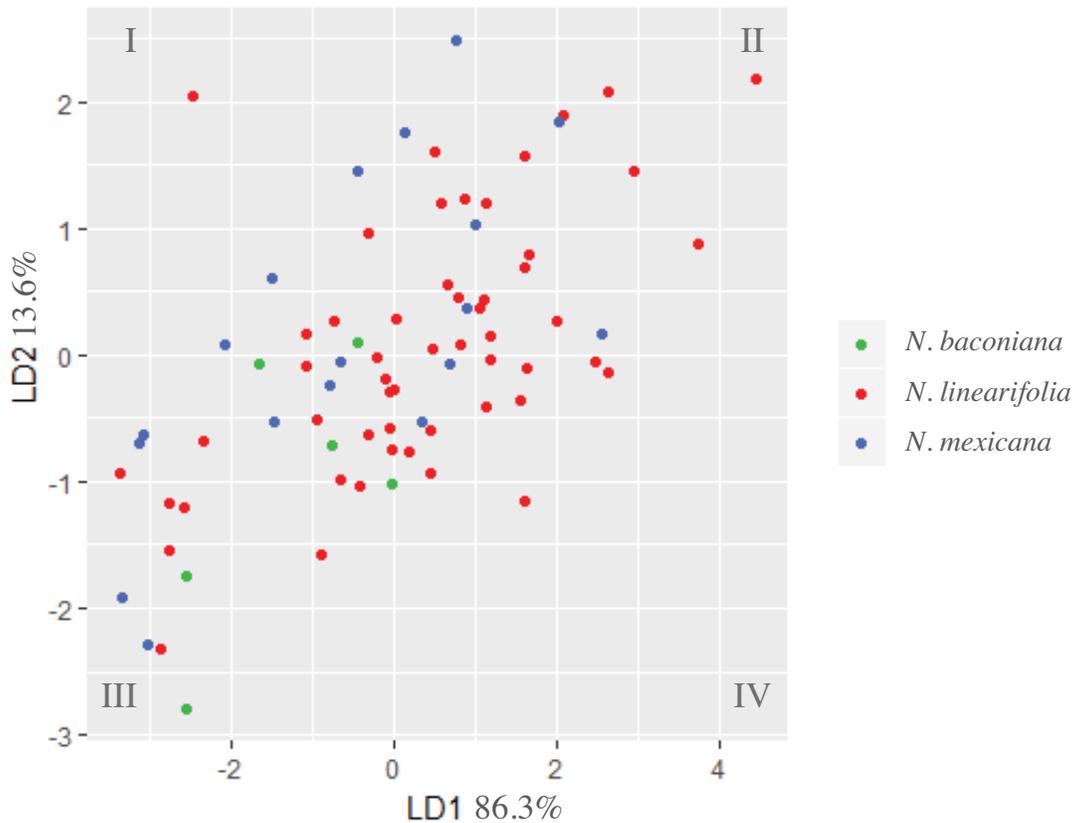
A continuación (tabla 15), se presentan las predicciones para cada morfoespecie respecto a su identificación, las morfoespecies que tienen un alto porcentaje son *N. gracilis* con 0.95, *N. castillonii* con 0.73 y *N. incana* con 0.85. En contraste, *N. powellii* tiene cero en la predicción. Por último, las especies con representación de un individuo tienen valor de 1.0 y resalta *N. gypsophila* con el mismo valor.

**Tabla 15.** Probabilidad de cada morfoespecie de *Nerisyrenia* en la predicción.

<i>N. baconiana</i>	0.3333333	<i>N. incana</i>	0.8571429
<i>N. castillonii</i>	0.7333333	<i>N. johnstonii</i>	1.0000000
<i>N. gracilis</i>	0.9512195	<i>N. mexicana</i>	0.1111111
<i>N. gypsophila</i>	1.0000000	<i>N. powellii</i>	0.0000000
<i>N. hypercorax</i>	1.0000000	<i>N. turneri</i>	0.4000000

El último análisis (Fig. 34) corresponde al complejo *Nerisyrenia linearifolia*. Las dos únicas funciones discriminantes tienen 86.3% y 13.4%. En la tabla 34, resaltan *N. linearifolia* y *N. mexicana* con el mismo patrón en la dispersión de sus datos. En el cuadrante III, *N. baconiana* está inmersa en el complejo, si bien se dispersa en los cuadrantes I y II.

**Figura 34.** Dos primeras funciones discriminante del complejo *Nerisyrenia linearifolia*.



En la tabla 16, los caracteres que resaltan por un valor alto son: la relación del botón, el ancho del fruto, el largo del estilo y el ancho de la hoja.

**Tabla 16.** Coeficientes de las dos únicas funciones discriminantes del complejo *Nerisyrenia linearifolia*. En negritas los valores altos.

<b>Variabes</b>	<b>LD1</b>	<b>LD2</b>
Largo del sépalo	-0.262495555	-0.014859296
Largo del pétalo	0.212674760	-0.075332349
Ancho del pétalo	-0.068321755	-0.341971052
Relación de botón	<b>1.011126401</b>	0.021954081
Largo del pedicelo	0.046198272	-0.092873325
Largo del fruto	0.190307141	0.097514912
Ancho del fruto	<b>-1.077207892</b>	-0.688725416
Largo del estilo	-0.545856086	<b>-0.549279890</b>
Largo del pedúnculo	0.048219219	-0.058903199
Largo de la hoja	-0.007941317	0.008786046
Ancho de la hoja	-0.123386969	<b>0.615222161</b>
Largo de la inflorescencia	-0.009040969	-0.005175413
<b>Variación explicada%</b>	<b>86.3</b>	<b>13.6</b>

La probabilidad de predicción, respecto a su identificación por morfoespecies, se presenta en la tabla 17, donde se indica que *Nerisyrenia linearifolia* tiene el porcentaje de acierto más alto del grupo con 0.94, le sigue *N. mexicana* con 0.50 y *N. baconiana* tiene el porcentaje más bajo con 0.33.

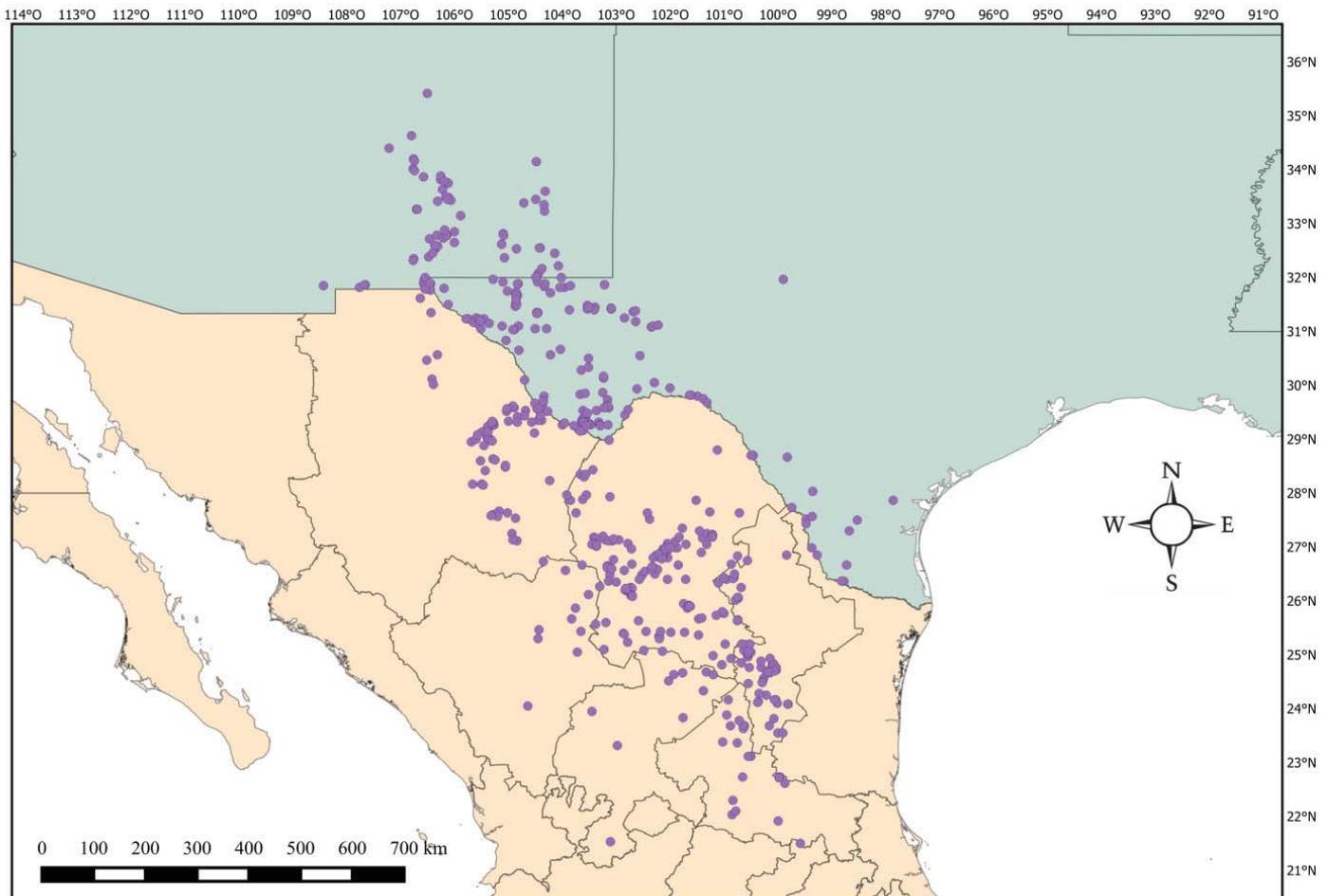
**Tabla 17.** Probabilidad de cada morfoespecie del complejo *Nerisyrenia* en la predicción.

<i>N. baconiana</i>	0.3333333
<i>N. linearifolia</i>	0.9433962
<i>N. mexicana</i>	0.5000000

#### 4.4. Distribución geográfica de *Nerisyrenia*

En el siguiente mapa (Fig. 35) se muestra la distribución georreferenciada del género *Nerisyrenia*, en México, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, así como en el Sur de los Estados Unidos, en los estados de Nuevo México y Texas.

Figura 35. Distribución del género *Nerisyrenia* (●)



Como se puede observar (Fig. 35), *Nerisyrenia* se distribuye principalmente en seis estados de México, se ubica en las provincias fisiográficas (INEGI, 2018) Sierras y Llanuras del Norte y Sierra Madre Oriental. En el noroeste de Chihuahua, se encuentra en los municipios de Ahumada, Aldama, Allende, Chihuahua, Camargo, Delicias, Jumiles y Jiménez. En Coahuila, sobretodo en el centro sur, algunos municipios son: Arteaga, Cuatro Ciénegas, Escobedo, Francisco I. Madero, Ocampo, Sierra Mojada, Ramos Arizpe y Parras y al norte en Acuña. En Durango, al noreste en región de la Sierra Madre Occidental, en Tlahualillo, San Pedro, Gómez Palacio, San Pedro del Gallo Sur y el centro en Durango. En Nuevo León, al sur, en Aramberri, Dr. Arroyo y Galeana, al oeste García, Mina y al norte en Anáhuac. En Zacatecas, al noreste de Concepción de Oro, Mazapil, Melchor Ocampo, Sombrerete y más al centro y oeste en Fresnillo y Villa Coz. En San Luis Potosí, al norte y este, en Vanegas, Cedral, Villa Guadalupe, Ciudad del Maíz y en el centro en Gaudalcázar y Río Verde. En Estados Unidos se ubica al oeste de Texas, entre el Río Bravo y el Río Pecos, en la en la región llamada Trans-Pecos, con nueve condados: Brewster, Culberson, El Paso, Hudspeth, Jeff Davis, Pecos, Presidio, Reeves

y Terrell. Al sur del estado tiene presencia en el límite fronterizo a lo largo del Río Bravo en condados como Valverde, Maverick, Starr y Webb (Schmidt, 2015). En Nuevo México se ubica al suroeste, en cinco condados, Chaves, Doña Ana, Eddy, Lincoln y Otero y en Arizona al sur en Cochise.

La distribución del género coincide con la extensión del Desierto Chihuahuense (Fig. 1 y 35), abarca desde el suroeste de Texas, sur de Nuevo México, sureste de Arizona, este de Chihuahua, oeste y sur de Coahuila, noreste de Zacatecas y norte de San Luis Potosí (Henrickson y García, 1976; Moore y Jansen, 2007).

En la Fig. 36, se observa la amplitud de las dos morfoespecies con mayor distribución: *N. camporum*, de la que se tuvieron 267 registros y *N. linearifolia* con 93 registros. En Estados Unidos, ambas se encuentran en los estados de Nuevo México y Texas, *N. linearifolia* destaca con mayor presencia en Nuevo México y *N. camporum* en la región Trans-Pecos, Texas. Además, *N. camporum* presenta una mayor distribución en México, mientras que *N. linearifolia*, se encuentra en un área limitada al sur de Coahuila, centro y suroeste de Nuevo León y noreste de Zacatecas.

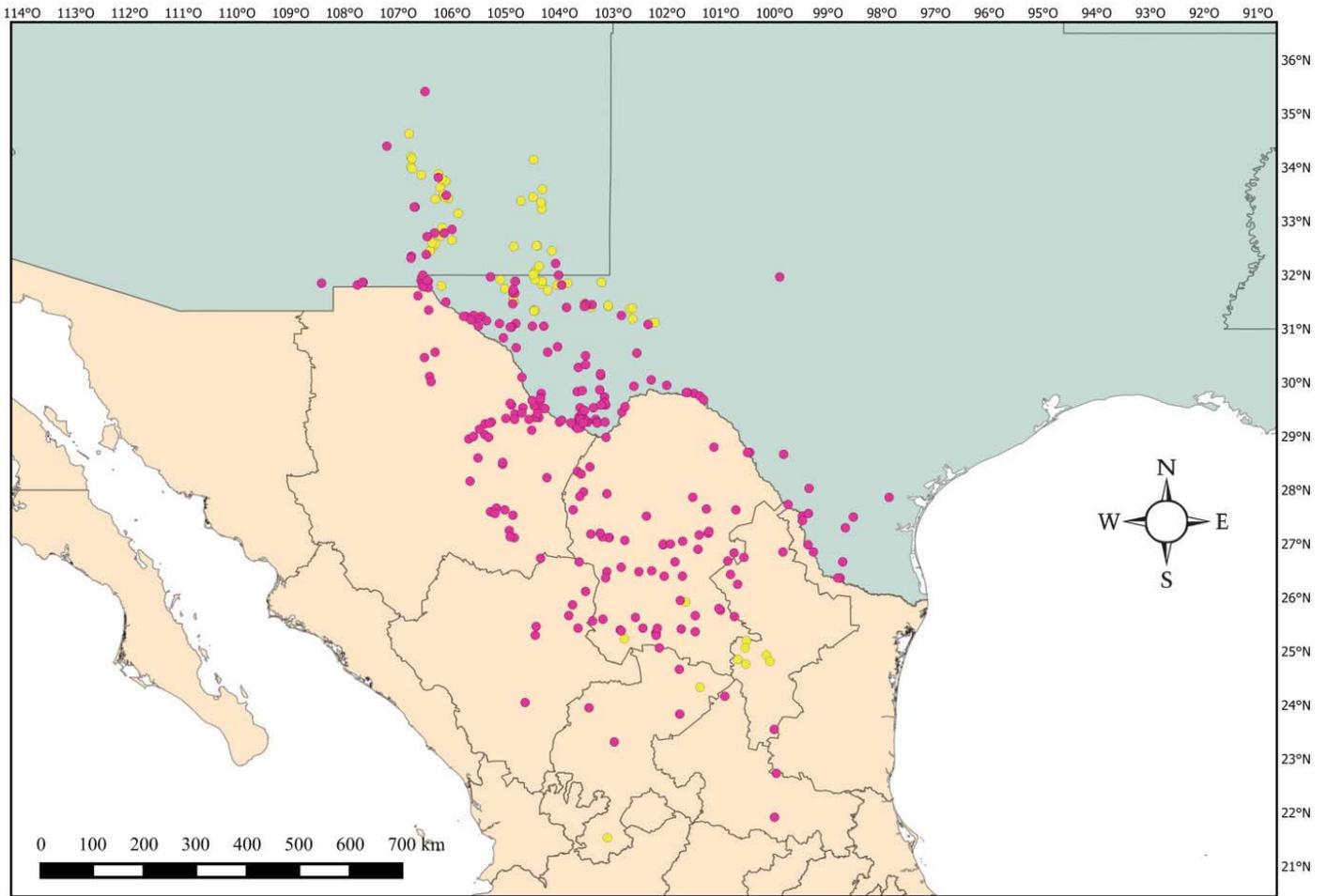
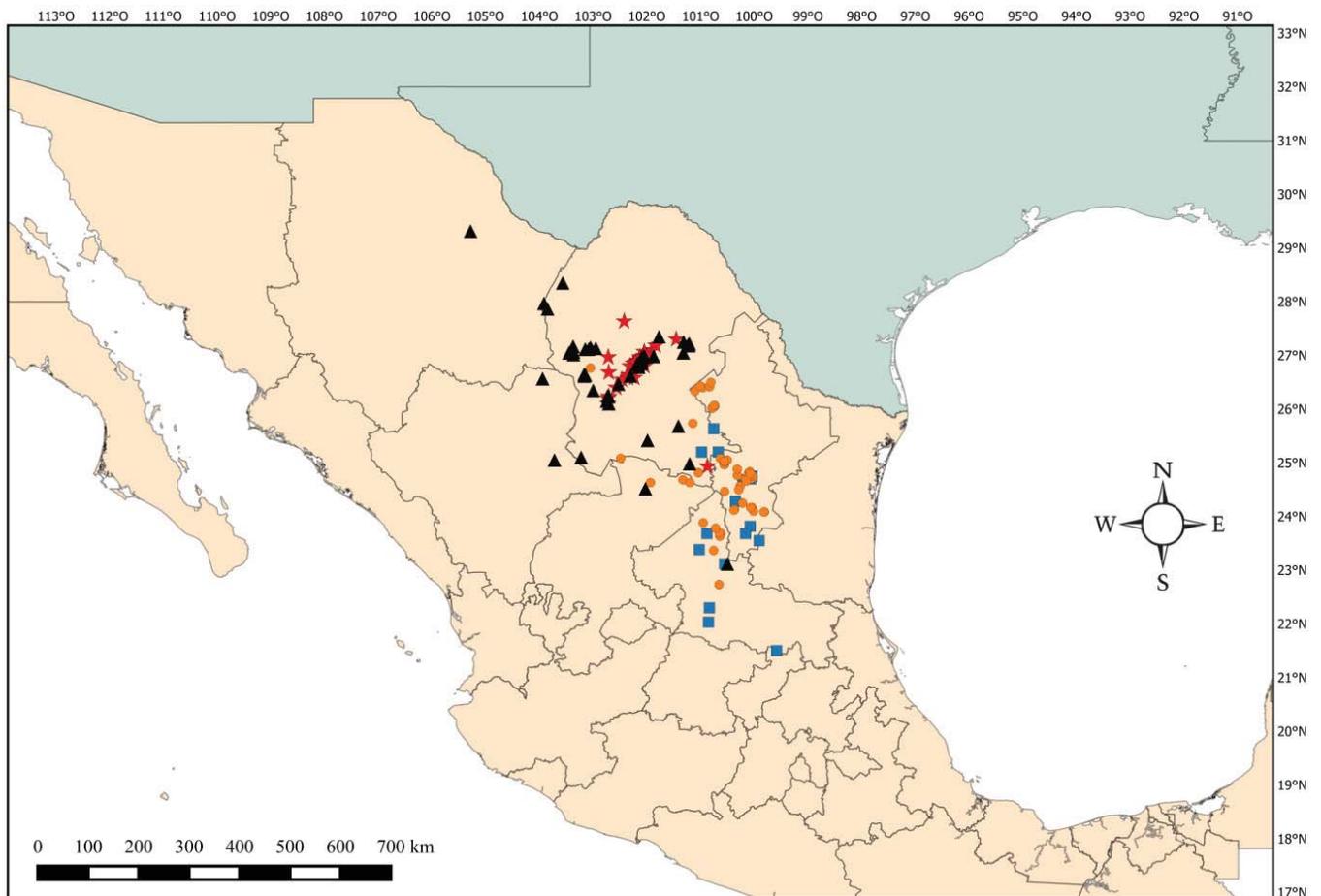


Figura 36. Distribución de *Nerisyrenia camporum* (●) y *N. linearifolia* (●).

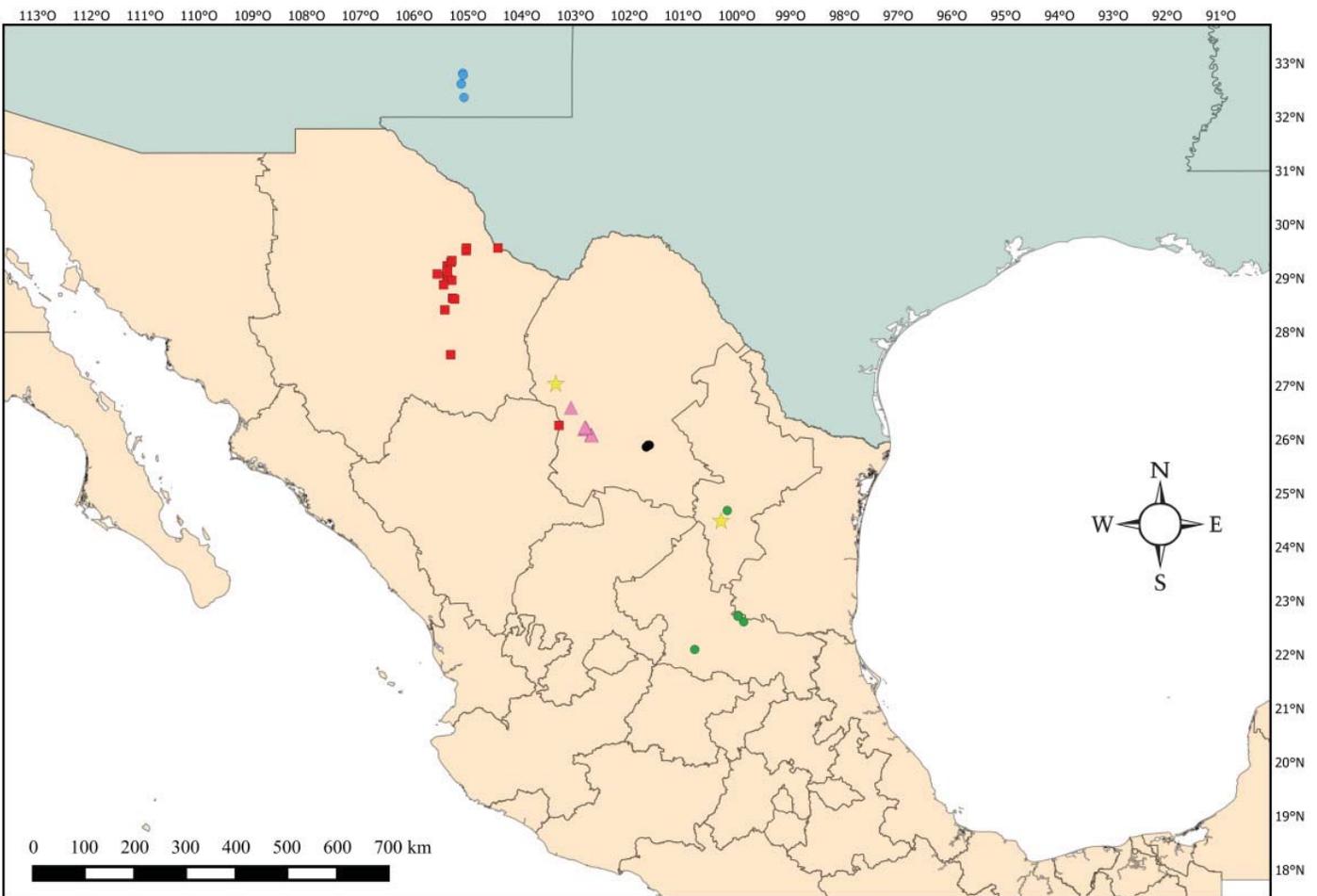
En la Fig. 37, se encuentran las morfoespecies distribuidas solamente en México. *N. castillonii* tiene una amplia distribución, respaldada con 53 registros, en Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. Por su parte, *N. gracilis*, con 59 registros, se encuentra en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. *Nerisyrenia incana*, respaldada por 51 registros, se distribuye en Coahuila, principalmente en el centro. Por último, *N. mexicana* respaldada por 16 registros, se distribuye en San Luis Potosí, Nuevo León y Coahuila.

**Figura 37.** Distribución de *N. castillonii* (▲), *N. gracilis* (●), *N. incana* (■) y *N. mexicana* (■).



En la Fig. 38 se observan las especies con distribución restringida: *Nerisyrenia baconiana* en una sola localidad al sur de Coahuila, respaldada por cinco registros; *N. johnstonii* al este de Coahuila y centro de Chihuahua, con 15 registros; *N. powellii* con dos registros al sureste de Nuevo León y en el este de Coahuila; *N. turneri* con seis registros en San Luis Potosí y sureste de Nuevo León; *N. gypsophila*, con 21 registros en el centro de Chihuahua y un individuo en el límite entre Coahuila y Durango, por último, *N. hypercorax* con sólo cinco registros restringida a Nuevo México.

**Figura 38.** *Nerisyrenia baconiana* (●), *N. gypsophila* (■), *N. hypercorax* (●), *N. johnstonii* (▲), *N. powellii* (★) y *N. turneri* (●)



## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, muestran que el género *Nerisyrenia* tiene un extenso rango de variación inter e intraespecífica.

### 5.1. Discusión de caracteres

#### -Largo de la hoja

Bacon (1978) sugiere que el largo de la hoja permite diferenciar especies en *Nerisyrenia*. En este estudio se observa que este es un carácter de amplia variación y que hay solapamiento en las medidas de todas las morfoespecies (Fig. 4). *N. hypercorax* y *N. powellii* podrían diferenciarse por las hojas más cortas, con un medida por debajo de los 14 mm, mientras que *N. johnstonii* tiene las hojas más largas con 40 mm. Estas únicas medidas de estas especies distan mucho de la media general, 27.4 mm, del resto de las especies. El rango indicado por los autores previos para este carácter se amplía para *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*.

#### -Ancho de la hoja

El ancho de la hoja (0.1-) 1.8-7.2 (-22) mm, permite distinguir dos grupos de especies. El primer grupo con hojas anchas, una media mayor a 5.3 mm y un rango 1.5 - 22.6 mm (*N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gypsophila*, *N. incana* y *N. johnstonii*). El segundo grupo, de hojas angostas, con un rango de 0.8 - 3.4 mm y media menor a 3.3 mm, (*N. baconiana*, *N. gracilis*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*). Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes (1995) y Henrickson y Johnston (1997) han utilizado este carácter en las claves taxonómicas para distinguir entre

grupos de hojas anchas vs hojas angostas. Henrickson y Johnston (1997) incluyen en su clave dicotómica a *N. camporum* y *N. incana* con hojas anchas, mayores de 5 mm, mientras *N. gypsophila*, *N. linearifolia* con hojas angostas, menores de los 4 mm, el caso de *N. castillonii* y *N. gracilis* están presentes en los dos grupos de tamaños de hojas. Fuentes (1995) menciona con hojas anchas de 4-30 mm a *N. castillonii*, *N. camporum*, *N. incana* y *N. johnstonii* y con hojas angostas menores de 0.7-5 mm, a *N. gracilis*, *N. mexicana*, *N. baconiana* y *N. powellii*. Rollins (1993) menciona con hojas anchas, mayores a 5 mm, a *N. johnstonii*, *N. incana*, *N. castillonii* y *N. camporum*, mientras que en el grupo con hojas anchas, menores de 4 mm, a *N. gypsophila*, *N. linearifolia* y *N. gracilis*.

#### -Largo del pedúnculo

El largo del pedúnculo de la inflorescencia no había sido considerado taxonómicamente por los autores previos, que se avocaron al estudio de *Nerisyrenia*, pero los resultados obtenidos en este estudio permiten proponerlo como un carácter de importancia taxonómica, ya que, a reserva de incrementar el tamaño de muestra, para conocer la variación de este carácter, podría ser útil para distinguir a *N. hypercorax* por los pedúnculos cortos y a *N. johnstonii* por los pedúnculos más largos. Los ejemplares sésiles fueron: HSM2555 *N. camporum*, JBa1008 *N. mexicana* y Fch8258 *N. gracilis*.

#### -Largo de la inflorescencia

A pesar de valores traslapados y la exclusión del largo pedúnculo, se pueden reconocer tres grupos de especies. Uno, con inflorescencias de más de 71 mm,

formado por *N. camporum*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. linearifolia* y *N. powellii*. Por su parte, *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. mexicana* y *N. turneri* tienen inflorescencias de menos de 50 mm, mientras que *N. castillonii* y *N. baconiana* tienen inflorescencias de más de 51 mm y menor de 70 mm. Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997) utilizaron este carácter en el tratamiento taxonómico de manera cualitativa para discriminar entre dos especies: *N. gracilis* con inflorescencias cortas, insertas dentro del follaje vs *N. linearifolia* con inflorescencias exsertas al follaje. En este estudio, se corroboró este carácter, en *N. gracilis* se observan medidas cortas de la inflorescencia (11-) 24.5-49 (-97) vs *N. linearifolia* con inflorescencias largas (9-) 42-93 (-243.2) mm, perteneciendo a grupos diferentes. Por otro lado, observamos que *N. gracilis*, *N. mexicana* y *N. turneri* tienen un umbral semejante de 25-41 mm, sus rangos son similares y las dos primeras tienen inflorescencias sésiles. Perteneciendo al grupo con inflorescencias cortas y están ubicadas dentro del segundo grupo de inflorescencias menores a 50 mm.

#### **-Largo del pedicelo**

El largo del pedicelo en fruto podría distinguir a *N. johnstonii* y *N. gypsophila* del resto de las especies, por el pedicelo más largo, con medias por arriba de 10 mm, mientras que las demás especies entre ellas tienen valores con medias muy similares.

#### **-Largo del sépalo**

El largo del sépalo no es informativo, debido al traslapamiento en el rango de variación de las doce especies y ningún autor usó este carácter en alguna clave taxonómica. Sin embargo, es un carácter que permite diferenciar a *N. gypsophila* y *N. incana* por la longitud mayor del sépalo de con respecto a la media. El tamaño observado para la mayoría de las morfoespecies coincide con el reportado por autores anteriores.

#### **-Largo del pétalo**

El largo de pétalo tiene relevancia para distinguir a *N. gypsophila*, *N. incana* y *N. johnstonii* por los pétalos largos, por arriba de la media, de 7.54 mm, mientras que *N. hypercorax* 4.6 mm tiene pétalos cortos, pero la variación en el largo del pétalo es menor considerando las medidas descritas por Alexander et al. (2014) para la especie. Se encontró que *N. gracilis* y *N. mexicana* se traslapan en el rango del largo de pétalo, mostrando coincidencias entre estas dos especies.

#### **-Ancho del pétalo**

En este trabajo se observó que en la mayoría de las especies *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. linearifolia* y *N. mexicana* el ancho del pétalo es más angosto que lo descrito por los autores previos. Este carácter podría apoyar a la distinción de *N. incana* de las demás especies.

#### **-Largo del botón**

El largo del botón no se había descrito por los autores previos a este trabajo, pero los resultados obtenidos sugieren que este carácter permite separar a *N. gypsophila* y *N. incana*, por tener los botones más largos.

#### **-Ancho del botón**

Con base en los resultados, podemos sugerir que el ancho del botón permite discernir entre tres grupos, uno grupo con botones anchos *N. gypsophila*, *N. gracilis*, *N. hypercorax* y *N. incana*, el segundo grupo con botones medianamente anchos *N. baconiana*, *N. castillonii*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri* y *N. johnstonii* con botones angostos. De acuerdo con los resultados, se puede sugerir una posible relación entre el largo y el ancho del botón.

#### **-Largo del fruto.**

La variación del largo del fruto en *Nerisyrenia* no permite distinguir especies, si bien se pueden

reconocer dos grupos: *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gypsophila*, *N. johnstonii*, *N. linearifolia* y *N. turneri* que tienen frutos muy largos, mientras que, *N. baconiana*, *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. mexicana* y *N. powellii* tienen frutos más cortos.

#### **-Ancho del fruto.**

El ancho del fruto permite distinguir a *N. incana* con una media de 3.7 mm, *N. johnstonii* 5.8 mm y *N. hypercorax* 2.4 mm, por ser anchos y estar arriba de la media general 1.98 mm, mientras que las demás especies tienen una media igual o menor a la general, con un rango 1.2 - 2.0 mm de ancho.

#### **-Largo del estilo.**

El largo del estilo permite distinguir a *N. castillonii*, *N. incana* y *N. turneri*, por tener estilos más largos, por arriba de los 3 mm, mientras *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. linearifolia* y *N. mexicana* tienen los estilos más cortos, de medias menores de 2.1 mm.

## 5.2. Discusión de la correlación

De acuerdo con los resultados anteriores se puede sugerir que, de los trece caracteres, hay una correlación alta entre el largo y el ancho del botón (8 y 9), se decidió juntar estas dos columnas debido a su codependencia matemática a través de una tasa (largo entre ancho) y así obtener una razón, que permita utilizar el cociente como información contenida en un único carácter (Relación del botón), en los análisis posteriores.

## 5.3. Discusión del análisis de componentes principales.

El análisis de componentes principales forma parte de un conjunto de técnicas multivariadas, llamada ordenación; proponen simplificar la compleja interpretación de los datos, a partir de su organización (McGarigal, 2000). Permite ordenar sus coeficientes en informativos y no informativos (Mahaold, 2011) y destaca las variables que caracterizan y simplifican la información para encontrar patrones (Gotelli, 2013) lo que conlleva a ser una herramienta exploratoria en la sistemática (Henderson, 2006).

En este contexto, las variables que se obtuvieron en los cuatro análisis, para el género *Nerisyrenia* son: el largo del sépalo, del pétalo, del pedicelo, del estilo, del raquis floral, el ancho del pétalo, de la hoja y la relación del botón. En el análisis entre las especies con mayor número de individuos, *N. camporum* y *N. linearifolia* (tabla 3), se añade el largo del pedúnculo como variable importante, mientras que en el análisis del complejo *N. linearifolia* (tabla 6) resalta el largo de la hoja.

Las variables cuantitativas propuestas en este trabajo y utilizadas por diversos autores, como caracteres útiles para la identificación de las especies son: el ancho de la hoja (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), el largo de la hoja (Henrickson y Johnston, 1997), el ancho del fruto (Bacon, 1978), el largo del estilo (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997) y el largo del pedicelo (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997). Caracteres cualitativos, como el pedicelo divaricadamente ascendente a recurvado, distingue a *N. camporum* (Rollins, 1993) y los pedicelos uniformemente espaciados a lo largo del raquis floral de la inflorescencia a *N. gracilis* (Bacon, 1978); sin embargo, en el caso de *N. camporum*, el pedicelo no es un carácter que permita diferenciarlo de otras especies. Para *N. gracilis*, este carácter permite diferenciarla de otras especies, como *N. incana* o *N. castillonii*, con inflorescencias elongadas y con mayor longitud entre el pedúnculo de un fruto y la inserción del siguiente pedúnculo en el raquis floral.

El largo del sépalo, así como el largo y el ancho del pétalo, de las especies de *Nerisyrenia*, son descritos por varios autores (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995 y Henrickson y Johnston (1997), pero no son usados en las claves taxonómicas. Los caracteres cuantitativos del largo y ancho de los botones florales y su relación, no se habían considerado por los autores previos y como deriva de este trabajo, tienen importancia taxonómica. El análisis con las morfoespecies de distribución restringida (Fig. 26), es decir, sin *N. camporum* y *N. linearifolia*, registró las mismas variables, más el largo de la inflorescencia que se agrega como variable informativa.

## 5.4. Discusión del análisis de conglomerados

Como se observa en las Figs. 28-30, derivadas del análisis de conglomerados, que es una herramienta exploratoria para clasificar objetos (Henderson, 2006), no se recuperó ninguna de las 12 morfoespecies reconocidas, utilizando 12 caracteres cuantitativos. Tampoco se recupera una agrupación en el complejo *N. linearifolia* (Fig. 30) que apoye el reconocimiento propuesto por Henrickson y Johnston (1997). Estos análisis se realizaron con el índice de correlación cofenética, que permite maximizar los posibles patrones de agrupación en el dendrograma, tratando de conservar fielmente la representatividad de los datos originales y comparar, de una manera objetiva, las diferentes combinatorias, con valores mayores de 0.75 y más cercanos a uno (McGarigal et al., 2000). Las variables utilizadas no proporcionan información significativa para la recuperación de las doce morfoespecies. Como en el caso de un complejo de *Coryphantha* (Vázquez-Benitez et al., 2016), donde no se recuperaron agrupaciones con datos cuantitativos, discutiendo que tradicionalmente se han empleado caracteres cualitativos para el reconocimiento de especies.

En *Nerisyrenia*, los autores han utilizado, también, caracteres cualitativos del fruto para el reconocimiento de especies, como la silicua tortuosa y las valvas comprimidas, respecto al replum, en *N. gracilis*, así como las silicuas rectas y valvas obcomprimidas en *N. linearifolia* (Bacon, 1978; Rollins, 1993).

El dendrograma parcial, realizado con la distancia euclídeana y el UPGMA, separando las especies del complejo *N. linearifolia*, no muestran agrupaciones que rescaten las especies o variantes sugeridas.

### *-Nerisyrenia johnstonii*

En el análisis con las 12 especies (Fig. 28) *N. johnstonii* se agrupa con algunos individuos de *N. camporum* y *N. incana* (Figs. 28 y 29). Si bien el parecido entre estas especies ya había sido resaltado por Bacon (1978), *N. johnstonii* ha sido distinguida por caracteres no incluidos en este análisis, tales como ser herbácea (Fuentes, 1995; Bacon, 1978), glabra y algunas veces con pocos tricomas dendríticos en los márgenes de las hojas (Henrickson y Johnston, 1997) y en pedicelos (Fuentes, 1995), hojas oblanceoladas a obovadas (Rollins, 1993; Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997), con margen entero o poco ondulado, raramente con uno o dos dientes a lo largo del margen (Rollins, 1993), pétalos amarillo-violáceos (Fuentes, 1995), inflorescencia congesta (Bacon, 1978), pedicelos ascendentes, rectos y el ápice evidentemente dilatado (Fuentes, 1995), los pedicelos inferiores están dispersos y los superiores congestos (Bacon, 1978). Además, tiene frutos elípticos a oblongos, ovados y obcomprimidos respecto al replum (Fuentes, 1995; Rollins, 1993; Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997) y valvas raramente nervadas, glabras, ápice ligeramente hundido (Fuentes, 1995). Estos caracteres permiten diferenciar esta especie del resto. En el análisis sin *N. camporum* y *N. linearifolia*, *N. johnstonii* se agrupa nuevamente con *N. incana* (Fig. 29). Ambas especies comparten el mismo número de cromosomas  $x=10$  (Bacon, 1978), son plantas perennes con raíz primaria (Bacon, 1978; Fuentes, 1995), de 60 cm de altura, ramificación desde la base, hojas suculentas, con base subpeciada (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997) y ápice de obtuso a redondo (Bacon, 1978). El tamaño de la hoja ha sido considerado muy constante para *N. johnstonii* (40 - 60 x 15 - 25 mm)

pero muy variable en *N. incana* (20 - 84 x 5 - 40 mm), y aunque se traslapan las hojas de la primera son más cortas y angostas. En este trabajo, se dispuso de un único ejemplar de *N. johnstonii* con hojas de 40.2 x 10.14 mm, que son aún más cortas de lo reportado por los autores previos. De igual manera, para *N. incana* se obtuvieron medidas de las hojas más cortas y angostas que lo reportado anteriormente (8.5-57.4 x 1.7-15 mm) (Anexo). *Nerisyrenia incana* se distingue claramente de *N. johnstonii* por ser densamente pubescente, con tricomas muy cercanos entre sí y tiene frutos obcordados a obovados, con una muesca en el ápice, de 1-1.5 mm de profundidad, con ápice del pedicelo no dilatado. En este trabajo, se obtuvo que el largo del pedicelo es 20 mm, el ancho del botón de 1.5 mm y el ancho del fruto de 5.8 mm, son medidas únicas para *N. johnstonii* y podrían evaluarse como caracteres de importancia taxonómica para la especie. El largo del pedúnculo y largo de la inflorescencia *N. johnstonii* tienen extremos de variación con un ligero sobrelapamiento con *N. camporum* y *N. incana*. Para *N. johnstonii* las medidas obtenidas, en este estudio, para largo y ancho del pétalo (9.5 x 4.3 mm) y el largo de la inflorescencia (23.8 cm), coinciden y confirman lo reportado por los autores.

A pesar de que en los análisis se incluyó sólo un ejemplar de *Nerisyrenia johnstonii* y de haberse agrupado con *N. incana* y *N. camporum* (Figs. 28 y 29), hay características cualitativas, como pubescencia, color de los pétalos, distribución de los pedicelos en el raquis floral y el ápice del fruto y cuantitativas, como el largo del pedicelo, el ancho del botón y el ancho del fruto, que la diferencian de las otras 11 morfoespecies. En cuanto a distribución, *N. johnstonii* es conocida tan solo de una

localidad del estado de Coahuila, como se muestra con los datos de los autores y del presente trabajo, es poco variable.

#### **-*Nerisyrenia hypercorax*.**

En el análisis con las 12 morfoespecies, *N. hypercorax* se recupera con *N. linearifolia*. Los caracteres cualitativos que comparten son: hojas suculentas, fuertemente sobrelapadas en el tallo, ancho de sépalo, pétalo obovado a espatulado, valvas redondas -truncadas hacia el ápice (tabla 1) (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Alexander et al., 2014; Henrickson y Johnston, 1997). Sin embargo, *N. linearifolia* se diferencia de *N. hypercorax* por ser rizomatosa (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997), la ramificación es por arriba de los dos tercios, tiene tallos basales de 5 mm de grosor (Bacon, 1978), hojas angostas (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997), margen raramente dentado (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997), pétalos largos (Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997), frutos de 9-30 x 1-3.6 mm, estambres largos e inflorescencias laxas (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997), mientras que *N. hypercorax* no es rizomatosa, la ramificación es a lo largo de toda la planta, tiene tallos basales de 10 mm de grosor, hojas anchas con margen sinuado, pétalos y frutos ligeramente más cortos, frutos de 5-12 (-16) x 2.2-3 mm, estambres cortos e inflorescencias congestas (Alexander et al., 2014). Las flores son más chicas en *N. hypercorax* (7-9 x 1.5 mm vs 8-13 x 4-8 en *N. linearifolia*) y en este trabajo se encontraron aún más pequeñas (4.6 x 1.5 mm en *N. hypercorax* vs 3.9-12 x 0.9-5.2 mm en *N. linearifolia*).

En el análisis sin *N. camporum* ni *N. linearifolia* (Fig. 27), *N. hypercorax* se recupera con *N. gypsophila*. Ambas comparten caracteres tales como ser sufrutescentes (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Alexander et al., 2014), tener tricomas adpresos (Bacon, 1978; Alexander et al., 2014; Henrickson y Johnston, 1997), el largo y ancho de la hoja, el largo del sépalo, el fruto con ápice truncado o truncado redondo, obcomprimido respecto al replum (Bacon, 1978; Alexander et al., 2014). *N. hypercorax* se distingue por el fruto más corto, de 5-12 (-16) mm (Alexander et al., 2014) que el de *N. gypsophila*, de 15-30 mm (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997), aunque el ancho es muy similar (2-3 mm). En este trabajo sin embargo, se encontró que el largo del fruto de *N. gypsophila* es más corto (6.7-20 mm), por lo que este carácter no permite distinguirla de *N. hypercorax* (8.3 mm). El largo de la inflorescencia permite distinguir a ambas especies, a pesar de un ligero traslapamiento en los extremos máximos; *N. gypsophila* tiene inflorescencias elongadas de 4-30 cm (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997), mientras que *N. hypercorax* tiene inflorescencias cortas de (1.5-) 2-4.5 (-6.5)cm (Alexander et al., 2014) y en este trabajo se reporta un largo hasta de 10.8 mm. En este estudio se encontró que el largo del pedúnculo distingue ambas especies, ya que es de 4.2 mm en *N. hypercorax* y de 5-25 mm en *N. gypsophila*. Esta última, tiene ramificación restringida a la parte superior de la planta, los tallos basales de 7 mm de grosor, frutos erectos y rectos (Henrickson y Johnston, 1997), mientras que *N. hypercorax* tiene ramificación a lo largo de todo el individuo, 3-6 ramas, y los tallos basales de 10 mm de grosor (Alexander et al., 2014).

*Nerisyrenia hypercorax* tiene caracteres que claramente la distinguen de *N. linearifolia*, con la que se encuentra cerca en el dendrograma, del análisis con las 12 morfoespecies. En el análisis reducido, aunque *N. hypercorax* se recupera con *N. gypsophila*, hay suficientes caracteres morfológicos que las distinguen y en este estudio, se agrega el largo del pedúnculo, que es más corto en *N. hypercorax*. Alexander et al. (2014) encontraron que *N. hypercorax* tiene los frutos más cortos, crispados, recurvados, características de la especie para distinguirla. Estas especies son endémicas de distribución muy localizada, mientras *N. hypercorax* se distribuye en la Sierra Guadalupe en Nuevo México.

#### **-*Nerisyrenia baconiana***

En el análisis con las doce morfoespecies, los ejemplares de *N. baconiana* no se recuperan como grupo, sino que se dispersan con *N. camporum*, *N. gracilis* y *N. linearifolia* (Fig. 28). En el análisis sin *N. camporum* ni *N. linearifolia*, *N. baconiana* tampoco se recupera como grupo y los individuos se agrupan con individuos de *N. gracilis* (Fig. 29). Ambas especies comparten varias características: hojas más o menos suculentas (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), el largo de la hoja y del pétalo (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), el largo del sépalo (Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), el ápice redondeado (Fuentes, 1995), el largo del pedicelo y del estilo (Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), y el estigma deltoide-bilobado (Fuentes, 1995). En este trabajo se encontraron medidas

que amplían o reducen la variación de los caracteres cuantitativos señalados por los autores anteriores, pero hay un gran traslapamiento en las medidas. Sin embargo, *N. gracilis* se diferencia de *N. baconiana* por tener ramificación desde la base (Fuentes, 1995), tallos grises a verdosos (Henrickson y Johnston, 1997), ápice del pedicelo dilatado, frutos laxos a densamente dispuestos en la inflorescencia (Fuentes, 1995), teretes, tortuosos, constrictos y comprimidos respecto al replum (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997) y ápice atenuado (Bacon, 1978), mientras que *N. baconiana* tiene una ramificación sólo en la parte superior de la planta (Fuentes, 1995), tallos pardos (Turner, 1993), pétalos angostos (Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), el ápice de pedicelo no está dilatado, tiene frutos dispuestos densamente en toda la inflorescencia (Fuentes, 1995), de forma lineal a lineal-elíptica, rectos y obcomprimidos respecto al replum (Turner, 1993; Henrickson y Johnston, 1997) y ápice truncado (Fuentes, 1995). Es importante resaltar la semejanza al traslaparse las medidas entre *N. baconiana* y *N. gracilis*. En este estudio el ancho del pétalo es de 0.6-3.6 mm en *N. baconiana*, más corto de lo que se había reportado anteriormente (1.5 -3.5 mm) vs 0.7-4.5 mm (3.5-8 mm reportado anteriormente) en *N. gracilis*. *N. baconiana* tiene rango de menor longitud, pero la media de 2.3 mm es mayor que en *N. gracilis* con 1.9 mm, demostrando la semejanza numérica.

Aunque no se recuperó la morfoespecie *N. baconiana*, hay individuos cercanos a *N. gracilis*, en este estudio donde se traslapan el largo del pétalo y el ancho de la hoja, pero hay caracteres que definen a *N. baconiana*. Se distingue por la ramificación, posición de las valvas del fruto respecto al replum, el ápice dilatado del pedicelo y dos caracteres cuantitativos, ancho del pétalo y largo de la inflorescencia. *Nerisyrenia baconiana* es gipsófila, endémica de la Sierra la Paila, Coahuila (Turner 1993), mientras que *N. gracilis* se distribuye al norte de San Luis Potosí, suroeste de Nuevo León y sureste de Coahuila.

#### ***-Nerisyrenia mexicana***

Tampoco se recupera como un grupo y los terminales están dispersos en el fenograma. En el análisis con las 12 morfoespecies (Fig. 28), se relacionan con cinco individuos de *N. camporum* y cuatro de *N. gracilis*, mientras que en el análisis sin *N. camporum* ni *N. linearifolia*, se relacionan con 10 individuos de *N. gracilis* (Fig. 29). Las características cualitativas compartidas entre *N. mexicana* y *N. gracilis* según los autores, son: plantas herbáceas, perennes, con base leñosa (Bacon, 1978; Rollins, 1993), crecen en grupos (Henrickson y Johnston, 1997), hojas más o menos suculentas (Fuentes, 1995), largo de la hoja, con margen entero a rara vez dentado (Bacon, 1978; Fuentes, 1995), ápice atenuado con base obtusa a aguda (Bacon 1978;

Rollins, 1993), largo de la inflorescencia (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995), largo del pedicelo (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995), ápice del pedicelo ligeramente dilatado (Fuentes, 1995) y largo del fruto (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995). Para el ancho de la hoja, se reportó una variación de 7-8 mm en *N. mexicana* vs 0.7-10 mm en *N. gracilis* (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995); en este trabajo se encontró que *N. mexicana* tiene hojas ligeramente más angostas, de 1-3 (-3.5) mm vs (0.8-) 1-2 (-3) en *N. gracilis*.

Si bien, los análisis no muestran agrupación de los individuos de *N. mexicana*, la morfoespecie se puede distinguir, especialmente de *N. gracilis*, por un longitud mayor de la hoja en *N. mexicana* (tabla 1). De acuerdo con los autores previos, por caracteres que no fueron medidos en este trabajo, también se distingue por caracteres tales como el largo del filamento del estambre (2-3 mm en *N. mexicana* vs. 4-7 mm en *N. gracilis*) y el largo de la antera (1-2.5 vs 1.5-3.5 mm), Además *N. mexicana* se puede distinguir por los frutos obclavados a subulados y obcomprimidos respecto al replum, mientras que *N. gracilis* tiene frutos tortuosos, teretes a escasamente comprimidos respecto al replum. Ambas especies tienen muchas similitudes, que dificultan su reconocimiento y en este estudio coinciden medidas, como el ancho del botón, largo del botón, largo de estilo, largo de pedúnculo y el largo del pétalo, cualitativamente, en que son hierbas perennes a sufruticosas, se suelen agrupar varios organismos en una pequeña área inflorescencias laxas a densamente dispuestas, frutos obcomprimidos, comparten el área de distribución en el norte de San Luis Potosí, suroeste de Nuevo León y sureste de Coahuila (Rollins, 1939; Fuentes, 1995).

### **-*Nerisyrenia turneri***

Tres de los cinco individuos de *N. turneri* están cercanos a individuos de *N. gracilis*, tanto en el análisis con las 12 morfoespecies (Fig. 28), como en el que se hizo sin *N. camporum*, ni *N. linearifolia* (Fig. 29). Bacon (1978) describió a *N. turneri* y es el único autor que la reconoce. Señaló que *N. turneri* y *N. gracilis* comparten distribución, pero que son claramente diferentes morfológicamente, porque la primera tiene hojas más anchas (4-8 mm vs 0.7-2.5 mm en *N. gracilis*), margen sinuado-dentado (vs entero en *N. gracilis*), frutos más anchos (1.2-2 mm vs 0.7-1.3 mm en *N. gracilis*), valvas bastante gruesas, raramente constrictas entre las semillas (vs. valvas delgadas, comúnmente constrictas entre las semillas en *N. gracilis*). No obstante, los tratamientos taxonómicos de Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997) consideran a *N. turneri* como sinónimo de *N. gracilis*, lo que se apoyaría en los resultados de este estudio, por ser herbáceas, perennes y rizomatosas, con frutos teretes y constrictos entre las semillas.

El dendrograma no recupera la agrupación de los individuos de *N. turneri* y, ya que se agrupan con los individuos de *N. gracilis*, se apoya que sean considerados coespecíficos como fue propuesto por Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997), ya que en la variación de caracteres entre ellos, se translapa. *N. turneri* queda contenida dentro la variación de *N. gracilis*, como ocurre en el ancho de la hoja, largo de la inflorescencia, del pedúnculo, de la hoja, del pedicelo y del sépalo, ancho y largo del pétalo y la forma de la hoja puede ser lineal a oblanceolada, fruto recurvados constrictos y comprimidos. La variación de los doce caracteres en *N. turneri* caen dentro del rango de variación de *N. gracilis*.

**-*Nerisyrenia powellii***

Para *N. powellii* sólo se tuvo el ejemplar tipo de la especie (Jstor.org) y se agrupa en los dos análisis con *N. castillonii* (Fig. 28 y 29), lo que sugiere un apoyo a la propuesta de Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997), de considerarlas coespecíficas. En este estudio, excepto el largo de la hoja, los demás caracteres del ejemplar de *N. powellii* caen en el rango de variación de *N. castillonii*. Bacon (1978) menciona que, mientras *N. powelli* tiene hojas linear-espatuladas, de 2-5 mm de ancho, con margen entero y estilos de 2.3-2.8 mm del largo, *N. castillonii* tiene hojas oblanceoladas a oblongo-elípticas de 7-20 mm de ancho, con margen dentado o repando y estilos de 3.5-6 mm de largo. Fuentes (1995), la distingue por tener pubescencia densa y con tricomas blanquecinos, hojas lineares a lanceoladas, sépalos verde violáceos, pétalos amarillos, pedicelos ascendentes a difusos, estigma deltoide, ascendentes y rectos.

La variación de los caracteres del ejemplar tipo de *Nerisyrenia powelli* caen en la de *N. castillonii*, así como ser rizomatosas, la forma del fruto y la posición de las valvas, respecto al replum, por lo que se apoya la sinonimia propuesta por Rollins (1993) y Henrickson y Johnston (1997). La localidad tipo de *N. powelli* es Laguna del Rey, Coahuila, de donde provienen colectas de *N. castillonii*, hechas por J. D. Bacon (JDB&WRL1257, JDA&WRL1159) y M. J. Moore (MJM2047, MJM 2048, MJM2101).

**-*Nerisyrenia linearifolia***

En el dendrograma del complejo *N. linearifolia* (Fig. 30), no se recuperan agrupaciones de ninguna de las tres morfoespecies (*N. linearifolia* var. *baconiana*, *N. linearifolia* var. *mexicana* y *N. linearifolia* var. *linearifolia*) consideradas por Henrickson y Johnston (1997) como variedades, si bien, Bacon (1978) y Rollins (1993) reconocen sólo dos (*N. linearifolia* y *N. mexicana*), ya que *N. baconiana* fue descrita por Turner (1993) después del trabajo de Bacon (1978). *N. baconiana* se distingue por ser sufrútices erectos, con hojas angostas, lineares u oblanceoladas, con margen entero, flores pequeñas, blancas a lavanda claro, con base unguiculada y fruto con ápice truncado (Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). *Nerisyrenia linearifolia* es erecta, con ramificación mayormente por arriba de los dos tercios, hojas estrechamente lineares, teretes a aplanadas, frutos estrechamente lineares y rectos, u oblongos, sin base amplia (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997). Por su parte, los individuos de *N. mexicana* son hierbas perennes, postradas a sufruticosas, pequeñas, decumbentes a ascendentes, crecen en grupos, ramifican a lo largo de toda la planta, tienen hojas sésiles, lineares a angostamente lanceoladas, base muy cuneada, pétalos, algunas veces, con una evidente venación morada, frutos obclavados a subulados, con la base más amplia que el ápice u obcomprimidos respecto al replum (Fuentes, 1995), pedicelos ligeramente curvados y su ápice ligeramente dilatado (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997).

Las características que comparten las tres morfoespecies son: hojas más o menos suculentas, largo y ancho de la hoja, largo del sépalo, del pedicelo, del fruto, del estilo, la base del pétalo dilatada y denticulada (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Herickson y Johnston, 1997). Las tres morfoespecies tienen un rango similar en su variación, según los autores y este trabajo lo confirma, ya que se encontró que siete de los doce caracteres se traslapan: el largo y ancho del pétalo y del botón, el largo del pedúnculo, del pedicelo, del sépalo y el ancho del fruto. Por ejemplo, el largo de la hoja es de 18-40 (-50) mm para *N. baconiana* (Turner, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997), de 15-70 mm para *N. linearifolia* (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997) y de 18-70 mm para *N. mexicana* (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995). En este trabajo, el largo de la hoja (19-32 (-40) mm) coincide para *N. baconiana*, es más variable para *N. linearifolia* (7-76 mm) y es más corto para *N. mexicana* (3-59 mm). *Nerisyrenia mexicana* tiene el rango más amplio del ancho de la hoja, *N. linearifolia* tiene el rango más amplio del largo de la inflorescencia, *N. mexicana* tiene los pétalos más cortos y *N. baconiana* tiene los frutos más cortos, el estilo más largo y el ancho de la hoja más amplio.

El análisis no recupera, ni el complejo de las tres morfoespecies ni las morfoespecies por separado. La forma del fruto y del ápice, además de otros caracteres cualitativos, permiten distinguir entre las tres morfoespecies: *N. baconiana* tiene estilos más largos y frutos más chicos, oblongos a oblongo-elípticos con ápice truncado, *N. linearifolia* tiene inflorescencias muy largas, estilos cortos y frutos más largos, lineal-oblongos con ápice agudo a truncado y *N. mexicana* tiene hojas más anchas, inflorescencias cortas y frutos obclavados a subulados, con ápice agudo a ligeramente obcordado. *Nerisyrenia baconiana* tiene variables con umbrales cortos, pero sus extremos de variación se traslapan con las otras dos morfoespecies. De acuerdo con Turner (1993), *N. baconiana* es endémica de la Sierra la Paila, Coahuila, mientras que *N. linearifolia* tiene una amplia distribución en el sur de Coahuila, este de Nuevo León y norte de Zacatecas, mientras que *N. mexicana* se distribuye en el sureste de Coahuila, suroeste de Nuevo León y sur de San Luis Potosí. Estas dos últimas especies tienen poblaciones simpátricas en Nuevo León.

**Tabla 18.** Comparación de las características de las morfoespecies del complejo *Nerisyrenia linearifolia* (Bacon, 1978; Turner, 1993; Fuentes, 1995).

<i>N. baconiana</i>	<i>N. linearifolia</i>	<i>N. mexicana</i>
Sufrútice.	Herbácea perenne.	Herbácea perenne.
Altura 20-40 cm.	Altura 20-40 cm.	Altura 10-20 cm.
Ramificación mayormente arriba de 2/3.	Ramificación mayormente arriba de 2/3.	Ramificación a lo largo de toda la planta.
Fruto con ápice truncado.	Fruto con ápice truncado o agudo.	Fruto con ápice agudo o ligeramente obcordado.
Pedicelos ascendentes a difusos, de rectos a curvos.	Pedicelos rectos, divaricados a ascendentes y rectos.	Pedicelos divaricados a ascendentes y recurvados.

## 5.5. Discusión del análisis de discriminantes lineal

El análisis de discriminante lineal se realizó con el objetivo de evaluar la clasificación de los individuos en los grupos reconocidos a priori. Está basado en una combinación lineal, que maximiza las diferencias entre grupos, mientras que minimiza la variación dentro de los grupos (McGarigal, 2000). Es útil, además, para detectar las variables morfológicas que discriminan a dos o más grupos y por último, predice la identidad de cada dato.

En el análisis con todas las morfoespecies reconocidas (Fig. 31), se encontró una amplia dispersión espacial de *N. camporum* y *N. linearifolia* y dificulta la clasificación en grupos, al empalmarse con todo el universo de *Nerisyrenia*. En algunos análisis se definen algunas morfoespecies, como *N. incana*, cuando se incluyen las 12 morfoespecies (Fig. 31 y 32). Esta especie se distingue por la pubescencia muy densa, con un indumento blanco o blanco-grisáceo (Henrickson y Johnston, 1997), hojas espatuladas, silículas obovadas a ampliamente oblongas, ápice fuertemente obcomprimido (Fuentes, 1995), con una muesca profunda en el ápice del fruto y valvas con una extensión, sobre la inserción del estilo (Bacon, 1978). La combinación de estos caracteres es clara y permite identificación de *N. incana* (por mencionar algunos ejemplares de herbario: AGM7779, FCC7644, JDB1147a, JDB1271a, WRL& MCJ 10333). Aunque *N. incana* comparte algunos caracteres con *N. castillonii*, raramente puede complicarse la identificación. Rollins (1939) menciona que a lo largo de la carretera 30 en Coahuila, hay poblaciones de híbridos entre *N. incana*, *N. castillonii* y *N. camporum*, pero predominan las características de *N. incana*. Las probabilidades de predicción de identificación de *N. incana*, apenas por debajo del umbral alto (0.69), cuando se analiza con todas las morfoespecies, se incrementan a 0.85, cuando se excluyen *N. camporum* y *N. linearifolia*. Los caracteres cualitativos de *N. incana* son útiles para la identificación y sólo el ancho del fruto, de los cuantitativos utilizados en este trabajo. Con

*N. camporum* se demostró un traslapamiento, total o parcial, en el largo del pétalo, del sépalo, del pedúnculo, de la inflorescencia, del pedicelo, del estilo, largo y ancho de la hoja y del botón. Por su parte, *N. johnstonii* se separa del resto de las morfoespecies (Figs. 31, 32 y 33) y la predicción es muy alta (tablas 11, 13 y 15), pero tan solo se incluyó una muestra. Los caracteres cualitativos que la distinguen son: planta glabra, con tricomas solamente alrededor del margen de la hoja o en los pedicelos de los frutos (Bacon, 1978; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). A estos caracteres, que permiten reconocer la especie, se suman, de acuerdo a este estudio, el ancho del fruto, la relación largo/ancho del botón floral y el largo del estilo (tablas 11, 13 y 15). En cuanto a *N. gracilis* y *N. turneri*, están inmersas en el complejo *N. linearifolia* (Fig. 31) y al excluir esta última del análisis, ambas especies se traslapan con *N. mexicana*. La predicción de estas especies difiere cuando se analizan todas las especies y cuando se excluyen *N. camporum* y *N. linearifolia*; en el primer análisis para *N. gracilis* la probabilidad es de 0.6 y para *N. turneri* es de 1 (tabla 11); contrariamente, en el segundo análisis para *N. gracilis* es de 0.95 y para *N. turneri* es 0.4 (tabla 15). Este cambio de probabilidad muestra la problemática en la variación entre estos dos taxa y apoya la propuesta de Rollins (1993) y de Henrickson y Johnston (1997), de considerar *N. turneri* como co-específica de *N. gracilis*. Las características que Bacon (1978) consideró para separarlas fueron, el ancho de la hoja de 4-8 mm, margen sinuado dentado, ancho del fruto 1.2-2 mm, valvas del fruto bastante gruesas y raramente constrictas en *N. turneri*, contrastando con *N. gracilis*, ancho de la hoja de 0.7-2.5 mm, margen entero, ancho del fruto 0.7-1.3 mm, valvas del fruto gruesas y comúnmente constrictas en *N. gracilis*.

El análisis del complejo *Nerisyrenia linearifolia*, conformada por esta especie y *N. mexicana*, según algunos autores y posteriormente, también por *N. baconiana*, según Henrickson y Johnston (1997) (Fig. 34)

muestra un alto grado de traslapamiento, sin que haya alguna separación de grupos. Las probabilidades de acierto son altas para *N. linearifolia*, muy bajas para *N. baconiana* (0.33) y para *N. mexicana* (0.55), por lo que podría cuestionarse, incluso, el reconocimiento a nivel de especie de estas dos últimas. En todo caso, estos taxones han sido distinguidos cualitativamente con los siguientes caracteres: *N. mexicana* tiene ramificación a lo largo de toda la planta y forma grupos (Henrickson y Johnston, 1997), el margen de la hoja entero, a raramente dentado, frutos ovados (Fuentes, 1995) a un poco subulados a obclavados (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997) y el ápice del fruto agudo a ligeramente obcordado (Fuentes, 1995). Por su parte, *N. baconiana* tiene ramificación sólo en la parte apical de la planta (Fuentes, 1995), el margen de la hoja es entero a ligeramente sinuado, los frutos son angostamente oblongos a oblongo-elípticos (Fuentes, 1995) o linear a linear-elíptico (Turner, 1993; Henrickson y Johnston, 1997), con ápice truncado (Fuentes, 1995). Respecto a caracteres cuantitativos, el complejo *Nerisyrenia linearifolia* presenta diferencias en el largo del fruto, *N. linearifolia* (4.7-) 10-17.4 (-25) mm, tiene las hojas con mayor longitud, mientras que *N. baconiana* (4.2-) 5.8-11 (-15) mm, tiene longitudes similares a las de *N. mexicana* (2-) 6-11 (-16) mm. En cambio, en el ancho del fruto no hay alguna especie que se diferencie de las demás, las medidas se traslapan, *N. baconiana* (1.2-) 1.7-1.9 (-2.2) mm, *N. linearifolia* (0.5-) 1-1.7 (-2.7) mm y *N. mexicana* (0.6-) 1-2 (-2.8) mm. El mismo caso ocurre para el ancho de la hoja, se traslapan las medidas, *N. baconiana* con 0.8-1.7 (-2) mm, con *N. linearifolia* 1-1.7 (-3) mm y en *N. mexicana* 1-3 (-3.5) mm.

Por último, cabe mencionar que la predicción matemática para *N. hypercorax* y *N. johnstonii* se asocia con una probabilidad numérica de uno, estas morfoespecies no tienen comparación con otros datos de su misma etiqueta e imposibilita la comparación matemática con otros individuos de su misma identidad, arroja este valor de uno, puesto que sólo se tenía una muestra por cada entidad taxonómica y se asocia a cada morfoespecie como grupos únicos. Considerando la falta de más individuos de ambas especies, *N. johnstonii* se separa en todos los análisis, por lo que se apoya el reconocimiento como especie (Figs. 31 y 32), mientras que *N. hypercorax*, que queda inmersa en la variación del género y debilita su reconocimiento. Sin embargo, Alexander et al. (2014) destacaron que *N. hypercorax* se reconoce por sus frutos cortos y crispados y flores pequeñas. Por otro lado, *N. powellii* que se distingue por Bacon (1978), al tener silicuas teretes y valvas atenuadas hacia el estilo. También se incluyó solamente un individuo en el análisis y la predicción es de cero (tablas 11 y 15), lo que apoya la propuesta de Rollins (1993) y de Henrickson y Johnston (1997), de considerarla co-específica de *N. castillonii*, morfoespecie con la que tiene similitud (Figs. 31 y 33) y una probabilidad de 0.75 (tabla 6). En este trabajo se obtuvo un valor alto de predicción para *N. gypsophila*, que Bacon (1978) consideró una forma aberrante de *N. camporum* por especiación o disrupción.

## 5.6. Discusión de la distribución geográfica de *Nerisyrenia*.

La distribución que se muestra en este trabajo, coincide con la presentada por Bacon (1978) para *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. mexicana* y *N. turneri*, mientras que *N. baconiana*, restringida a la Sierra la Paila, Coahuila y *N. hypercorax*, restringida a la Sierra Guadalupe, Nuevo México, se describieron posteriormente. Además de las localidades señaladas por Bacon (1978), *N. camporum* se ha colectado en el norte de San Luis Potosí y centro de Zacatecas, mientras que *N. powellii* se distribuye en el suroeste de Nuevo León. Para *N. linearifolia*, a diferencia de Fuentes (1995), que considera que sólo se distribuye en Estados Unidos y de Bacon (1978), quien registró sólo un ejemplar de *N. linearifolia* var. *linearifolia* en el sur de Coahuila, en este trabajo se registra en el límite de Texas y Nuevo México y en el oeste de Nuevo León, sur de Coahuila y Zacatecas (Fig. 36), en una aparente disyunción, que podría estar sesgada por la disponibilidad de material que se tuvo. Para *N. castillonii*, encontramos que se distribuye en el noroeste de Durango, en la parte central y al oeste de Coahuila, además en simpatría con un registro de *N. mexicana* en San Luis Potosí y únicos registros en Chihuahua y Zacatecas, que no habían sido reportados por algún autor. En los mapas de distribución del presente trabajo se observa una simpatría de *N. incana*, *N. castillonii* y *N. camporum* en Cuatro Ciénegas, Coahuila; Henrikson y Johnston (1997) reportaron una complicación taxonómica en la identificación de híbridos entre poblaciones de *N. incana* x *N. camporum* y *N. incana* x *N. castillonii* en esa zona. Esas especies son poliploides con  $2n=18-59$  (Bacon, 1978), lo que explica por la hibridación ya reportada.

*Nerisyrenia camporum* tiene una distribución muy amplia, prácticamente en todo el Desierto Chihuahuense, como lo habían señalado Bacon (1978) y Fuentes (1995), pero en este trabajo se registró en zonas que no son parte del Desierto Chihuahuense, el este de Coahuila y parte central de Durango y Zacatecas.

5.6.1. Áreas de diversidad y endemismo de las morfoespecies de *Nerisyrenia*.

Los mapas de distribución resaltan que la zona comprendida en el límite de los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, es de alta diversidad de especies, incluyendo a *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*. Esta zona se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (INEGI, 2012) y en el Desierto Chihuahuense. Las zonas de endemismo se encuentran en la Sierra Guadalupe, Nuevo México con *N. hypercorax*; las Delicias, Coahuila, con *N. johnstonii*; el municipio de Cuatro Ciénegas, y municipio de Ocampo en Coahuila con *N. incana*; Sierra La Paila, Coahuila con *N. baconiana*; así como en la zona de Delicias, Chihuahua con *N. gypsophila*.

Se reconocen las especies: *Nerisyrenia camporum*, *N. castillonii* (= *N. powellii*), *N. gracilis* (= *N. turneri*), *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. gypsophila*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, y *N. baconiana*. Asimismo, se reconocen dos tendencias de tamaños: flores pequeñas, hojas y frutos largos en *N. hypercorax*, *N. linearifolia* y *N. gracilis* (= *N. turneri*). Flores grandes, frutos y hojas anchas en *N. camporum*, *N. castillonii* (= *N. powellii*), *N. incana*, *N. johnstonii* y *N. gypsophila*.

De los trece caracteres originales, en el PCA, el CA y el LDA se usaron once caracteres, junto con un doceavo llamado relación del botón, ya que se encontró una correlación entre el largo y el ancho de botón y se decidió utilizarla como la variable en el PCA, CA y LDA.

Fue complicado establecer los caracteres que precisan diferencias entre las doce morfoespecies de *Nerisyrenia*, por la cercanía de todos los individuos. Los caracteres cuantitativos, que brindan información para diferenciar a partir de todos los análisis y aportan información en todos los análisis son: el ancho del fruto, el largo del estilo, previamente considerados por Bacon (1978), Rollins (1993), Fuentes, (1995) y Henrickson y Johnston (1997). Sin embargo, hay discrepancias en los siguientes caracteres, debido a sólo tener presencia en uno o dos análisis: el ancho de la hoja (diagrama de caja), el largo de la inflorescencia (diagrama de caja), del pedúnculo (diagramas de caja), del sépalo (PCA), del pétalo (PCA), del pedicelo (PCA), ancho del pétalo (PCA) y la relación del botón (PCA y LDA). En el análisis de conglomerados no se encontró alguna agrupación y por lo tanto, no se tiene alguna propuesta de carácter que distingue entre agrupaciones.

La poliploidía suele surgir a través de la hibridación; Henrickson y Johnston (1997) mencionan híbridos entre *N. incana* x *N. castillonii*, *N. incana* x *N. camporum* y el polimorfismo de *N. camporum* en la dispersión en el LDA y el CA. Bacon (1978) menciona los números cromosómicos de todas las morfoespecies y se suelen repetir los números, por ejemplo *N. camporum*  $2n= 18, 19, 21, 22, 27, 32, 34, 36, 40, 41$  y  $58$ . *N. castillonii*  $2n=20, 40, 48, 58$  y  $59$ . *N. incana*  $2n= 20, 21, 22$  y  $23$ . En los mapas de distribución se observa estas tres morfoespecies están presentes en Cuatro Ciénegas.

En síntesis, con base en los resultados obtenidos de los análisis realizados en este trabajo y la reevaluación de caracteres cualitativos, utilizados por autores previos, se reconocen 10 especies de *Nerisyrenia* con los caracteres que se indican a continuación. *Nerisyrenia baconiana* se distingue por tener más follaje a dos tercios de la parte apical de la planta y el ápice de las valvas del fruto truncado (Fuentes, 1995). En este estudio se caracteriza por hojas angostas. Es endémica de Sierra la Paila, Coahuila (Turner, 1993). *Nerisyrenia camporum* es la morfoespecie con mayor variación del género y con una problemática taxonómica, reportada por Bacon (1978) y Fuentes (1995), lo que complica su distinción por un único carácter. Se puede distinguir con un hábito sufrutiscente, hojas con dientes de uno a varios y amplios, frutos obcomprimidos. En los diagramas de caja se refleja la gran variación en diez de los doce caracteres evaluados del género (largo y ancho de la hoja, pétalo y botón, largo del pedicelo, del pedúnculo, de la inflorescencia y del fruto). En el CA, *N. camporum* se enmascara cualquier posible agrupación (Fig. 1), mientras que en el PCA, los individuos están dispersos en tres cuadrantes (Fig. 23) y se traslapan con *N. incana* y *N. gypsophila*. En el LDA, se comporta de la misma forma, aunque está inmersa en los cuatro cuadrantes (Fig. 31) del género y no fue posible con los caracteres utilizados distinguir una nube clara de *N. camporum*, sin embargo, la predicción arrojó 0.95 de acierto en la identificación. Presenta una extensa distribución que va de México en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas y en Estados Unidos en Texas y Nuevo México. Tiene grandes variaciones morfológicas, sobre todo en los estados de Chihuahua, Nuevo León, Durango y algunos individuos en San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo México y Texas.

*Nerisyrenia castillonii* se distingue por los estilos más largos del género y se observó una amplia variación en el ancho de la hoja, el largo del fruto y de la inflorescencia. Cualitativamente, la diferenciamos por las valvas del fruto comprimidas (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). Se distribuye en Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. En estado vegetativo se confunde con *N. camporum* (Fuentes, 1995) y se ha reportado hibridación con *N. camporum* y con *N. incana* (Henrickson y Johnston, 1997) en la cuenca de Cuatro Ciénegas. *Nerisyrenia gracilis* se distingue por tener ramificación desde la base, las inflorescencias inmersas dentro del follaje, el fruto tortuoso, constricto y terete, con las valvas comprimidas (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). En este estudio destaca por las inflorescencias cortas. Se encuentra en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. *Nerisyrenia gypsophila* se distingue por las hojas lanceoladas a oblanceoladas (Bacon, 1978; Henrickson y Johnston, 1997). En este estudio, se encontró que tiene la mayor longitud del sépalo, pétalo y pedicelo, así como el botón más grande del género (largo y ancho). Su distribución está restringida en el centro de Chihuahua, alrededor del municipio de Delicias, y se restringe a suelos yesosos, aunque se encontró un individuo cerca de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. *Nerisyrenia hypercorax* se distingue porque no es rizomatosa, está ramificada a lo largo de toda la planta, tiene flores pequeñas y frutos crispados (Alexander et al., 2014). En este estudio se distingue por las hojas y pedúnculos más cortos de todo el género, sépalos y pétalos cortos

y angostos y botones anchos. Se distribuye únicamente en Nuevo México en la Sierra Guadalupe. *Nerisyrenia incana* se distingue por los frutos, botones y pétalos anchos e inflorescencias, pétalos y sépalos más largos de todo el género. Esta especie se caracteriza por la tener tricomas blanquecinos muy cercanos entre si en toda la planta, las hojas principalmente espatuladas, los frutos obcordados con el ápice de las valvas con muesca (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Fuentes, 1995; Henrickson y Johnston, 1997). Se distribuye en Cuatro Ciénegas y zonas aledañas en el municipio de Ocampo y La Becerra, Coahuila (Bacon, 1978; Fuentes, 1995). *Nerisyrenia johnstonii* se distingue por ser una planta glabra, algunas veces con pocos tricomas dendríticos en los márgenes de las hojas (Henrickson y Johnston, 1997). En este trabajo se encontró que el largo de la hoja, del pedicelo, del pedúnculo y de la inflorescencia son los caracteres más largos, reportados de todo el género; en forma similar el ancho de las hojas y del botón son los anchos más amplios del género. *Nerisyrenia linearifolia* se distingue por los tallos basales mayores de 5 mm, las hojas agostamente lineares a teretes, densamente sobrelapadas, la inflorescencia por afuera del follaje, los estilos cortos y los frutos angostos (Bacon, 1978; Rollins, 1993; Henrickson y Johnston, 1997). En este estudio se encontró que tiene hojas angostas y largas, así como frutos largos. *Nerisyrenia mexicana* tiene un hábito desparramado, se ramifica desde la base y el fruto es obclavado–subulado (Turner, 1993; Fuentes, 1995). En este estudio se encontró que las inflorescencias cortas destacan como una medida para distinguir esta especie.

## 6 CONCLUSIONES

La morfometría tradicional de nueve de los 12 caracteres morfológicos cuantitativos, largo de la hoja, del pedúnculo, de la inflorescencia, del pedicelo, del sépalo, del pétalo, del fruto, ancho del pétalo y del fruto del género *Nerisyrenia*, mostraron una variación continua, que dificulta la distinción precisa entre morfoespecies; sin embargo, este estudio sugiere que el largo y ancho de los botones florales, así como su relación, que no habían sido considerados previamente, tienen importancia taxonómica. Los caracteres: ancho de la hoja y largo del estilo fueron caracteres útiles y previamente considerados por Bacon (1978), Rollins (1993) Fuentes, (1995) y Henrickson y Johnston (1997), que aportan información en los diagramas de caja, PCA y LDA, con tendencias respecto a dos tamaños encontrados, hojas anchas vs. hojas angostas y estilos largos vs. cortos.

Por su parte, en los análisis, algunos caracteres son determinantes para distinguir morfoespecies dentro del género, como lo fue el ancho del fruto en *N. incana* y *N. johnstonii* con los frutos más anchos y *N. gracilis* con los frutos más angostos; el largo de la inflorescencia, excluyendo los pedúnculos, con *N. camporum*, *N. johnstonii* y *N. incana* con las inflorescencias más largas y *N. hypercorax* con la inflorescencia más corta; el largo del estilo en: *N. castillonii* más largo, mientras que, con

los estilos más cortos en: *N. hypercorax*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*, el largo del pedicelo y del pedúnculo, con: *N. gypsophila* y *N. johnstonii* con los pedicelos más largos, mientras que el largo del pedicelo y del pedúnculo en *N. hypercorax* que son los más cortos del género.

En los diagramas de caja, se logró observar que el ancho de la hoja, el largo de la inflorescencia, sin el pedúnculo, y largo del estilo son caracteres que separan entre grupos. Con hojas angostas están: *N. baconiana*, *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. gracilis*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*. Con las hojas amplias: *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gypsophila*, *N. incana* y *N. johnstonii*. Con inflorescencias cortas: *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. mexicana* y *N. turneri*. Con las inflorescencias largas, *N. camporum*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. johnstonii* y *N. linearifolia*. Aunque, *N. baconiana*, *N. castillonii* y *N. powellii* presentan formas intermedias al quedar entre los dos grupos del tamaño de inflorescencia. Con estilos cortos: *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. linearifolia*, *N. mexicana* y *N. powellii*. Con estilos largos: *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gypsophila*, *N. incana*, *N. johnstonii* y *N. turneri*.

En el análisis de componentes principales, el mayor aporte lo realizan ocho caracteres: el largo

del sépalo, del pétalo, del pedicelo, del estilo, de la inflorescencia, ancho del pétalo, de la hoja y la relación del botón. En la nube se observa una cercanía entre *N. gracilis*, *N. gypsophila*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. turneri* y *N. powellii* y de manera opuesta, *N. castillonii*, *N. camporum* y *N. incana*, y afuera de la distribución se encuentran *N. hypercorax*. *N. johnstonii*.

Con base en la reevaluación de caracteres cualitativos, se reconocen 10 especies: *N. baconiana*, *N. camporum*, *N. castillonii* (= *N. powellii*), *N. gracilis* (= *N. turneri*), *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. gypsophila*, *N. linearifolia* y *N. mexicana*. Con base en los análisis de los caracteres estudiados, hay dos grupos de especies: uno conformado por *N. baconiana*, *N. hypercorax*, *N. linearifolia*, *N. gracilis* y *N. mexicana* con flores pequeñas (0.9-12.7 x 0.6-5.2 mm), estilos cortos (1.3-3.7 mm), hojas angostas (0.8-3.4 mm) y frutos angostos (0.3-2.8 mm) y, el otro conformado por *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. incana*, *N. johnstonii* y *N. gypsophila*, con flores grandes (2.1-15.2 x 0.5-8.4 mm), estilos largos (2.3-5.7 mm), hojas anchas (1.5-22.06 mm) y frutos anchos (0.6-5.9 mm).

El análisis de conglomerados no recupera las 12 morfoespecies, a pesar de tener un índice cofenético mayor de 0.75. De forma particular, a pesar de haberse

incluido sólo un ejemplar de *Nerisyrenia johnstonii* en los análisis y haberse agrupado con *N. incana* y *N. camporum*, *N. johnstonii* resalta en todos los análisis por separarse del resto. *Nerisyrenia hypercorax* tiene cercanía con *N. linearifolia* y *N. gypsophila*, pero se distingue de la primera, por las flores pequeñas y de *N. gypsophila* por las inflorescencias cortas. *Nerisyrenia baconiana* no se recuperó como morfoespecie, los individuos son cercanos a *N. gracilis*. *Nerisyrenia mexicana* es similar a *N. gracilis* pero se distingue por las hojas más anchas. *Nerisyrenia turneri* no se recupera en este trabajo, ya que los doce caracteres caen en el rango de variación de *N. gracilis* por lo que se apoya, que se haya considerado coespecífica de *N. gracilis*. *Nerisyrenia powelli* se recupera cerca de *N. castillonii*, pero sólo se dispuso del ejemplar tipo. Por último, no se logró recuperar ninguna agrupación, que permita apoyar el reconocimiento de alguno de los tres taxones infraespecíficos, que se han considerado para *Nerisyrenia linearifolia*.

El análisis discriminante lineal permite discriminar entre grupos preestablecidos, morfoespecies, en este trabajo se incluyeron doce: *Nerisyrenia baconiana*, *N. camporum*, *N. castillonii*, *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. incana*, *N. johnstonii*, *N. linearifolia*, *N. mexicana*, *N. powellii* y *N. turneri*. Además, es interesante destacar, que *N. incana* y *N. johnstonii* tienden a alejarse de la

nube principal y la herramienta de predicción arroja para *N. incana* (0.69) y (0.85), de cercanía a la identificación otorgada y para *N. johnstonii* (1.0) de certeza de identificación en los dos ejercicios, todas las especies y especies restringidas, (tablas 11 y 12). *N. camporum* invade todo el gráfico y no fue posible, con las variables cuantitativas la demarcación clara del resto de las morfoespecies; sin embargo, en la predicción arroja un (0.95) de certeza, lo cual indica una alta variación en los caracteres y no discrimina al resto de las morfoespecies, que caen en este rango de variación de *N. camporum*. En cuanto al traslapamiento, por ejemplo la dispersión de *N. camporum* queda inmersa en *N. castillonii*, pero sin *N. camporum*, se agrupan algunos de los individuos de *N. incana* en predicción (0.23) y (0.73), *N. incana* y *N. castillonii* no se agrupan, y tienden a extremos diferentes. *N. gypsophila* queda traslapada entre *N. camporum* y *N. incana*, en la predicción (0.80) y (1.0). Por su parte, los individuos de *N. baconiana*, *N. gracilis*, *N. hypercorax*, *N. mexicana*, *N. linearifolia*, *N. powellii* y *N. turneri* están empalmados, formando una nube densa en el análisis con todas las morfoespecies y, en el análisis sin *N. linearifolia*, persiste este acomodo.

Posteriormente, se consideró que *N. turneri*, cuya predicción arrojó probabilidades de (1) y (0.4) (tabla 11 y 15), estos datos muestran un cambio de probabilidad y la problemática en la variación, ya que se observó un traslapamiento de diez de los doce caracteres analizados, reflejando en rangos similares, disminuyendo la certeza de esta morfoespecie. Esta baja probabilidad y caracteres compartidos, apoya el considerar a *N. turneri* co-específica bajo el nombre de *N. gracilis* y el que los

individuos de *N. turneri* estén dispersos y cercanos a *N. gracilis*. El mismo caso acontece para *N. powellii*, solamente se incluyó un individuo en el análisis, con predicción de cero, lo que apoya considerarla coespecífica de *N. castillonii*, y apoyando con rango similar once de los doce caracteres, además con la que tiene mucha cercanía y una probabilidad de 0.75. Esto coincide con la propuesta de Henrickson y Johnston (1997) y Rollins (1939), al considerarlos como sinónimos.

Las áreas en donde se distribuyen dos o más especies son: la zona Trans-Pecos *N. camporum*, *N. hypercorax* y *N. linearifolia*; el límite de los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas con *N. gracilis*, *N. mexicana*, *N. camporum*, *N. castillonii* y *N. linearifolia*.

Las áreas con especies endémicas son: Sierra la Paila, Coahuila (*N. baconiana*); Delicias, Chihuahua (*N. gypsophila*) y Sierra Guadalupe, Nuevo México (*N. hypercorax*). *N. johnstonii* con con distribución mayoritaria en el este de Coahuila. *N. incana* con mayor distribución en dunas de yeso en el área de Cuatro Ciénegas y el municipio de Ocampo en Coahuila. En el caso de Cuatro Ciénegas, Coahuila, esta área de marcada simpatria de *N. incana*, *N. castillonii* y *N. camporum* es en donde se han reportado híbridos.

Este trabajo genera un avance en el conocimiento y exploración de caracteres morfológicos del género *Nerisyrenia*, a través del estudio de la variación morfológica al aportar conocimiento de la distribución geográfica y Morfometría, pero aún queda pendiente evaluar temas como la poliploidía, la biogeografía y la ecología junto con la circunscripción de las especies.



## 7. LITERATURA CITADA

- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APGIII. Bot. J. Linn Soc.
- Al-Shehbaz, I. A. 1984. The Tribes of *Cruciferae* (*Brassicaceae*) in the southeastern United States. Journal of the Arnold Arboretum, 65(3), 343-373.
- . 2012. A generic tribal synopsis of the *Brassicaceae* (*Cruciferae*). Taxon 61(5): 931-954.
- Al-Shehbaz, I. A., M. A. Beilstein y E. A. Kellogg. 2006. Systematics and phylogeny of the *Brassicaceae* (*Cruciferae*): an overview. Plant Systematics and Evolution 259: 89-120.
- Al-Shehbaz, I. A. y S. Fuentes-Soriano. 2012. Flora Mesoamericana, Volumen 2, *Brassicaceae*. Missouri Botanical Garden. U.S.A. 78p.
- Alexander, P. J., N. A. Douglas, H. Ochoterena, H. Flores-Olvera y M. J. Moore. 2014. Recent Findings on the Gypsum Flora of the Rim of Guadalupe Mountains, Nuevo México, U.S.A.: A new species of *Nerisyrenia* from Nuevo México. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 8(2): 383-393.
- Bacon, J. D. 1978. Taxonomy of *Nerisyrenia* (*Cruciferae*). Rhodora 80:159-224.

- Bailey, C. D., I. A. Al-Shehbaz y R. Govindarajulu. 2007. Generic Limits in Tribe Halimolobeae and Description of the New Genus *Exhalimolobos* (*Brassicaceae*). *Systematic Botany. American Society of Plant Taxonomists*. 32(1):140-156.
- Boufford D. E. 2010. *Flora of North America: Flora of North America North of Mexico, Magnoliophyta: Salicaceae to Brassicaceae*. Flora of North America Editorial Committee, Oxford University Press 7: 224.
- Cárdenas, O. y J. L. Vicente-Villardón. 2007. Los métodos biplot: evolución y aplicaciones. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura* 3(1): 279-303.
- Castañeda-Zárate, N. 2015. Delimitación de especies en el género *Dichromanthus* (Orchidaceae, Spiranthinae). Tesis de maestría, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, CD.MX. 100p.
- Castro-Castro, A., A. Rodríguez, G. Vargas-Amado y R. Ramírez-Delgadillo. 2010. Variación morfológica del género *Prochnyanthes* (Agavaceae). *Acta Botánica Mexicana* 92: 29-49.
- Cervantes, C. 2017. Delimitación de especies del complejo *Echinocereus parkeri* (Cactaceae). Tesis de maestría, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, CD.MX. 48p.

- Crisci, J. V y M. F. López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.132p.
- Coutler, J. M. 1890.Contributions. Natl . Estados Unidos. Hierba. 1:31.
- Escudero, A., R. C. Somolinos, J. M. Olano y A. Rubio. 1999. Factors controlling the establishment of *Helianthemum squamatum*, an endemic gypsophile of semi-arid Spain. British Ecological Society. Journal of Ecology. 87:290-302.
- Escudero, A., S. Palacio, F. T. Maestre y A. L. Luzuriaga. 2015. Plant life on gypsum: a review of its multiple facets. Biological Reviews. Cambridge Philosophical Society 90:1-18.
- Everitt, B. y T. Hothorn. 2011. An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R Springer New York. U.S.A. 271p.
- Guía para la descripción de suelos. 2009. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, FAO. Cuarta Edición. Roma Italia.
- Fuentes-Soriano, S. 1995. La familia *Cruciferae* en suelos salinos y yesosos de México: flora y diversidad. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 128p.
- IPNI. 2016. The International Plant Name Index. Publicado en internet <http://www.ipni.org>

- Glim-Lacy, J. y P. B. Kaufman. 1984. Botany Illustrated. Van Nostrand Reinhold Company. New York. p. 96-97.
- Gray A. 1852. Plantae Wrightianae. Smithsonian Cont. Knowledge. 3(5):8-9.
- Greene, E. L. 1900. Corrections in nomenclature III. Pittonia. 4: 224-226.
- . 1895. Corrections in nomenclature VII. Erythea. 3:75.
- Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics 27: 857-871.
- Granados-Sánchez, D., A. Sánchez-González, R. L. Granados y A. Borja de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(11): 111-130.
- González-Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 173p.
- Gotelli, N. J. y A. M. Ellison. 2013. A Primer of Ecological Statistics. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 614 p.
- Gutiérrez, L. 2014. Importancia de la diversidad biológica de los Desiertos Mexicanos. CONAZA, SAGARPA Consultado 27 de septiembre 2014. [http://conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Publicaciones/biodiversidad\\_desiertos\\_mexicanos.pdf](http://conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Publicaciones/biodiversidad_desiertos_mexicanos.pdf)

- Harris, J. G. y M. Woolf. 2001. Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary. Spring Lake Publishing. Utah. U. S. A. 216 p.
- Henderson, A. 2006. Traditional morphometrics in plant systematics and its role in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151:103-11.
- Henrickson, J. y J. Garcia . 1976. Maps of the Chihuahuan Desert Region. Austin, TX published by the authors.
- Henrickson, J. y M. C. Johnston. 1997. A Flora of the Chihuahuan Desert Region. Plant Resources Center, University, Austin, Texas, USA.
- Herrera, A. M. 2000. Clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. República Dominicana. 121p.
- Heywood, V. H. 1985. Las Plantas con flores. Editorial Reverte. Barcelona. España. p. 119-122.
- Hoyt, A. C. 2002. The Chihuahuan Desert: Diversity at Risk. *Endangered Species Bulletin* 27(2): 16-17.
- INEGI. 2012. Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos naturales. Edafología. [mapserver.inegi.org.mx](http://mapserver.inegi.org.mx).

- Johnston, I. M. 1941. Gypsophily among Mexican desert plants. *Journal of the Arnold Arboretum*. 22:157.
- Johnston, M. C. 1974. Brief resume of botanical, including vegetational, features of the Chihuahuan Desert Region with special emphasis on their uniqueness. In Wauer, R. H. y D. H. Riskind (eds.). *Transactions of the symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico*. Sul Ross State University. Alpine, Texas. 335-359.
- Jones, M. E. 1895. Contributions to West Botany. *Proceedings of the California Academy of Sciences*. Series 2, 5(18): 625.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg y P. F. Stevens. 1999. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. U. S. A. p.326-328.
- Marmolejo-Ramos, F. y S. T. Tian. 2010. The shifting boxplot. A boxplot based on essential summary statistics around the mean. *International Journal of Psychological Research* 3 (1); 37-45.
- Márquez, J., M. Collazo, M. Martínez Gordillo, A. Orozco y S. Vázquez. 2013. *Biología de angiospermas*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias: Coordinación de la Investigación Científica. 632p.

- McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer, Science. New York. 283p.
- Marhold, K. 2011. Multivariate morphometrics and its application to monography at specific and infraspecific levels IV. In *Monographic plant systematics, Fundamental assessment of plant biodiversity*, T. F. Stuessy y H. W. Lack, (eds.). Ruggell. p. 73–99.
- Moore, M. J., J. F. Mota, N. A. Douglas, H. Flores Olvera y H. Ochoterena. 2014. The Ecology, assembly, and evolution of gypsophile floras. In *Plant Ecology and Evolution in Harsh Enviroments*, Rajakaruna, N., R. Boyd y T. Harris, (eds.). Nova Science Publishers, Hauppauge, New York, U.S.A. p.97-128.
- Moore, M. J. y R. K. Jansen. 2007. Origins and Biogeography of gypsophily in the Chihuahuan Desert Plant Group *Tiquilia* subg. *Eddya* (Boraginaceae). *Systematic Botany* 32(2): 392-414.
- Morafka, D. 1977. *A biogeographical analysis of the Chihuahuan Desert through its herpetofauna*. University of Southern California. Los Angeles, USA. 313.
- Moreno, N. P. 1984. *Glosario Botánico Ilustrado*. Compañía Editorial Continental. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 298p.
- Morrone, J. J. 2013. *Sistemática: Fundamentos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 508p.

- Mota, J. F., P. Sánchez Gómez y J. S. Guirado. 2011. Diversidad vegetal de las yeseras ibéricas: El reto de los archipiélagos edáficos para la biología de la conservación. ADIF- Mediterráneo Asesores consultores. Almería. España. 636p.
- Nixon, K. y C. Wheeler. 1990. An amplification of the phylogenetic species concept. *Cladistics* 6: 211–223.
- Pinzón, J. P., I. M. Ramírez-Morillo y G. C. Fernández-Concha. 2011. Morphometric analyses with the *Tillandsia urticulata* L. complex (Bromeliaceae) allow for the recognition of a new species, with notes on its phylogenetic position. *Journal of the Torrey Botanical Society* 138(4): 353-365.
- Powell, A. M. y B. L. Turner. 1977. Aspects of the plant biology of the gypsum outcrops of the Chihuahuan Desert: In *Transitions of the symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert Region*, R. H. Wauer y D. H. Riskin (eds.). United States and Mexico. Sul Ross State University. Alpine Texas. 17-18 October 1974. National Park Services transactions and Proceedings Series, number 3. U. S. department of the Interior, Washington, DC, U.S.A. p 315-325.
- Radford, A.E., W. C. Dickison, J. R. Massey y C. R. Bell. 1974. *Vascular Plant Systematics*. Harper & Row, Publishers. New York. U.S.A. 891p.
- Rohlf, J. F. y L. F. Marcus. 1993. A revolution morphometrics. *Trends Ecol Evol.* 8(4):129-32

- Rollins, R. C. 1941. Contributions from the Dudley Herbarium: Some new or noteworthy North American Crucifers. *Stanford University* 3(5):181-182.
- Rollins, R. C., A. Shaw y R. J. Davis. 1979. *Cruciferae*. En *Manual of the Vascular Plants of Texas*. S. D. Correll y M. C. Johnston (eds.). The University of Texas at Austin. Austin, Texas. P. 684-685.
- Rollins, R. C. 1939. Notes on certain *Cruciferae* of Mexico and southwestern United States. *Madroño* 5:129-134.
- Rollins, R. C. 1993. *The Cruciferae of Continental North America, Systematics of the Mustard Family from the Arctic to Panama*. Stanford University press. Stanford, California, U.S.A. 976p.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F. 432p.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de R. *Flora Fanerogámica del Valle de México*, Vol. III, Compañía Editorial Continental. México, D.F. 494p.
- Salariato, D. L., F. O. Zuloaga y I. A. Al-Shehbaz. 2012. Morphometric studies and taxonomic delimitation in *Menonvillea scapigera* and related species (Cremolobeae: *Brassicaceae*). *Plant Systematics and Evolution* 298: 1961-1976.
- Schmidt, R. H. 2015. Trans-Pecos. *Handbook of Texas Online*. [tshaonline.org/handbook/online/articles/ryt02](http://tshaonline.org/handbook/online/articles/ryt02).

- Schmidt, R. 1979. A climatic delineation of the “real” Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environment* 2: 243-250.
- Schlesinger W. H. J. A. Raikes. A. E. Hartley y A. F. Cross. 1996. On the spatial pattern of soil nutrients in dessert ecosystems. *Ecological Society of America. Ecology*, 77(2):364-374.
- Sosa, J. C., L. E. Ospina y E. P Berdugo. 2012. *Estadística Descriptiva y Probabilidades*. Universidad Externado de Colombia, Departamento de Matemáticas. Bogotá, Colombia. 520p.
- Stevens, P. F. 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 <http://www.motbot.org/MOBOT/research/APweb>
- Stream, W. S. 1992. *Botanical Latin*. David & Charles Book. England. p. 305-340.
- Stuessy, T. F. 1990. *Plant taxonomy: The systematic evaluation of comparative data*. Columbia. University Press, New York. U.S.A. 514p.
- Sutton, A. 2000. *El Desierto Chihuahuense, nuestro desierto*. Fondo Mundial para la Naturaleza. <http://www.pronatura.org>.
- Toro, I. M. V., S. G. Manríquez y G. I. Suazo. Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal Morphology* 28(4): 977-990.

- Thiers, B.M. Continuously updated. Index Herbariorum. International Association for Plant Taxonomy. The New York Botanical Garden, Bronx, NY.
- Triola, M. F. 2009. Estadística. Pearson Educación. México. 904p.
- Tuner, B. L. 1993. New species and combinations in *Nerisyrenia* (*Brassicaceae*) of Mexico. *Phytologia* 75(3): 231-234.
- Ugalde, Á. J, Granados-Sánchez, y Sánchez-González, A. 2008. Sucesión en el matorral desértico de *Larrea tridentata* (DC.) Covención en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Terra Latinoamericana* 26(2):153-160.
- Vázquez-Benítez, B., S. Arias y A. Cervantes-Sandoval. 2016. Variación morfológica de *Coryphanta* (Cacteaceae): un enfoque multivariado. *Acta Botánica Mexicana* 116:21-47.

Villareal-Quintanilla, J. A., J. A. Bartolomé-Hernández, E. Estrada-Castillón, H. Ramírez-Rodríguez, S. J. Martínez-Amador. 2017. El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana*. Instituto de Ecología, A. C. 118:65-96

Watson, S. 1883. Descriptions of some New Western Species. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 18: 191.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of Species Diversity. *Taxon* 21(2):213-251.

Zomlefer, W. B. 1994. *Guide to flowering plant Families*. University of North Carolina. Chapel Hill & London Press. U. S. A. p. 125-129.

VARIACIÓN MORFOLÓGICA DEL  
GÉNERO *Nerisyrenia* (*Brassicaceae*)  
Y SU DISTRIBUCIÓN.  
Tesis

Presenta:  
**Angélica Esther**  
Vázquez Cervantes