



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**FORMACIÓN, DINÁMICA Y COLONIZACIÓN DE  
ABRAS EN UN SISTEMA PERTURBADO EN EL  
VALLE DE CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA,  
MÉXICO, EN EL PERÍODO 2016-2017.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A :**

**STEPHANIE ESCOBAR SÁNCHEZ**



**DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN C. IRENE PISANTY BARUCH**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX  
2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

1. Datos del alumno

Apellido paterno  
Apellido materno  
Nombre(s)  
Teléfono  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Carrera  
Número de cuenta

2. Datos del tutor

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

7. Datos del trabajo escrito.

Título

Número de páginas

Año

1. Datos del alumno

Escobar  
Sánchez  
Stephanie  
5563740777  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
311210666

2. Datos del tutor

M en C  
Irene  
Pisanty  
Baruch

3. Datos del sinodal 1

Dr  
Jordan Kyril  
Golubov  
Figuerola

4. Datos del sinodal 2

Dra  
María Hilda  
Flores  
Olvera

5. Datos del sinodal 3

Dr  
Ernesto Vicente  
Vega  
Peña

6. Datos del sinodal 4

Dr  
José Alejandro  
Zavala  
Hurtado

7. Datos del trabajo escrito.

Formación, dinámica y colonización de abras en un sistema perturbado en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, México, en el período 2016-2017.

54

2019

*A mi mamá: Gracias por todos tus sacrificios, tu apoyo incondicional y tu amor desmedido  
¡Lo logramos!  
TE AMO*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que no solo me dio estudios, sino un mundo completo de aventuras, experiencias, aprendizajes y amigos.

A la Facultad de Ciencias por haberme brindado todos los medios y conocimientos para la realización de este trabajo.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por haber brindado apoyo económico al proyecto en el que se encuentra esta tesis.

A los técnicos académicos del Laboratorio de Ecología de Poblaciones la Dra. Mariana Hernández Apolinar, el Dr. Pedro Eloy Mendoza Hernández y el M. en C. Israel Solano Zavaleta, por todo el apoyo y las facilidades que me brindaron tanto en el campo como en la facultad. Y a todas las personas que forman parte del laboratorio por acogerme como parte de él.

Al taller de Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos y a todos los profesores que son parte de él por haberme apoyado en todas las etapas de este trabajo.

A mi asesora Irene Pisanty, por enseñarme el mundo de la ecología y haberme invitado a formar parte de este increíble proyecto, haberme guiado y apoyado en todo momento hasta convertirse en una persona que quiero y admiro.

A mis sinodales, el Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa, la Dra. María Hilda Flores Olvera, el Dr. Ernesto Vicente Vega Peña y el Dr. José Alejandro Zavala Hurtado por haberse dado el tiempo de revisar este trabajo y realizar valiosas aportaciones que incrementaron su calidad.

A mis compañeras en este gran proyecto, que me ayudaron a realizar cada salida de campo la toma de datos utilizados en este trabajo, Cynthia Peralta, Polenka Torres, Karen Almaguer y Mariana Rodríguez.

A mis profesores de la carrera por todos los conocimientos que me transmitieron en las aulas.

A mi familia y amigos por todo el cariño y apoyo que siempre me han brindado y por la confianza que tienen en mí.

# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| Resumen .....  | 1         |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                 | <b>2</b>  |
| <b>1.1 Disturbio .....</b>                                   | <b>2</b>  |
| <b>1.2 Los humedales .....</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>1.3 El Valle de Cuatrociénegas .....</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>1.4 Los hundimientos diferenciales .....</b>              | <b>5</b>  |
| <b>1.5 Antecedentes .....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>                                 | <b>8</b>  |
| <b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>                        | <b>9</b>  |
| <b>4. MÉTODOS.....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>4.1. Área de estudio .....</b>                            | <b>11</b> |
| 4.1.1. <i>Localización.</i> .....                            | 11        |
| 4.1.2. <i>Clima.</i> .....                                   | 12        |
| 4.1.3 <i>Suelos.</i> .....                                   | 12        |
| 4.1.4. <i>Biodiversidad ecosistémica y específica.</i> ..... | 12        |
| 4.1.5. <i>Hidrología.</i> .....                              | 13        |
| 4.1.6. <i>El sistema Churince</i> .....                      | 13        |
| 4.1.7 <i>Vegetación del sistema Churince.</i> .....          | 14        |
| <b>4.2 Censo .....</b>                                       | <b>15</b> |
| 4.2.1 <i>Tamaño.</i> .....                                   | 15        |
| 4.2.3 <i>Profundidad.</i> .....                              | 16        |
| 4.2.4 <i>Presencia y nivel de agua.</i> .....                | 16        |
| 4.2.5 <i>Parámetros de la vegetación.</i> .....              | 16        |
| <b>4.3. Análisis de los resultados.....</b>                  | <b>17</b> |
| 4.3.1 <i>Análisis matricial.</i> .....                       | 17        |
| 4.3.2. <i>Análisis estadístico.</i> .....                    | 19        |
| <b>5. RESULTADOS.....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>5.1 Dinámica de las abras .....</b>                       | <b>20</b> |
| <b>5.2 Vegetación.....</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>5.3 Agua.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>5.4 Estructura y dinámica de las abras.....</b>           | <b>21</b> |
| 5.4.1. <i>Superficie.</i> .....                              | 21        |

|  |    |
|--|----|
| 5.4.2. <i>Profundidad</i> .....                        | 23 |
| 5.4.3 <i>Especies colonizadoras de las abras</i> ..... | 25 |
| 5.4.5. <i>Cobertura</i> .....                          | 28 |
| <b>5.5 Análisis de varianza.</b> .....                 | 32 |
| <b>6. DISCUSIÓN</b> .....                              | 34 |
| <b>7. CONCLUSIONES</b> .....                           | 41 |
| <b>8. Literatura citada</b> .....                      | 43 |
| <b>ANEXO I.</b> .....                                  | 47 |

## Resumen

El valle de Cuatrociénegas, Coahuila, es un humedal de importancia mundial, y se ha visto afectado por la extracción excesiva de agua, utilizada principalmente para el cultivo de alfalfa. Esto ha provocado la formación de hundimientos diferenciales, o abras, que son cavidades que se hacen en suelos dispersivos y reflejan la pérdida de agua a nivel subsuperficial que en este caso se debe al disturbio del sistema hídrico. Se forman debido a la pérdida de cohesión de las partículas del suelo, lo que causa el colapso del suelo. Las abras formadas en la parte terminal del Sistema Churince de este valle son colonizadas por vegetación ribereña.

El objetivo de este trabajo fue analizar la dinámica (apertura, cierre, permanencia y cambios en diferentes parámetros) de los hundimientos diferenciales, así como su colonización durante el periodo 2016-2017. Se realizaron censos bimestrales de las abras analizadas en estudios anteriores y se midieron las características físicas (largo, ancho, profundidad, presencia de agua), así como las biológicas (composición, riqueza y cobertura vegetal). Posteriormente se utilizó un modelo markoviano para describir su dinámica y proyectar su comportamiento a futuro. Se analizó el comportamiento de la frecuencia de las especies colonizadoras de las abras en el tiempo y se determinaron los grupos que se forman con un análisis de varianza.

El número de especies presentes en las abras aumentó en relación con lo reportado en estudios anteriores, pero las especies dominantes ya no son las más hidrófilas, que han sido sustituidas por especies más tolerantes a las condiciones de desecación y a las altas concentraciones de sal y yeso. Las abras ya no presentan agua, lo que indica niveles críticos en el sistema hídrico. En conclusión, a futuro las abras se irán haciendo cada vez más pequeñas y aumentará el número de abras cerradas mientras disminuye la formación de abras nuevas.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Disturbio

Un disturbio es un evento que cambia la disponibilidad de recursos, el ambiente físico o la estructura de una población, comunidad o ecosistema (White y Pickett, 1985). Los disturbios ocurren en todos los ecosistemas y en todos los niveles de organización, y se presentan a diferentes escalas espacio-temporales (White y Jentsch, 2001). Los resultados de los disturbios, conocidos como perturbaciones, pueden tener efectos en cadena entre los componentes de un ecosistema al transmitir sus efectos a otros integrantes del mismo y así las características de un componente pueden ser resultado del disturbio de otro (Battisti *et al.*, 2016). Por otra parte, los disturbios producen heterogeneidad de recursos disponibles a diferentes escalas espacio-temporales en las comunidades naturales (Sousa, 1984). Esta heterogeneidad ocasiona la formación de parches (manchones) discontinuos, de diferentes dimensiones, que son unidades más o menos discretas de paisaje de un hábitat fragmentado, y que permiten que en un ecosistema exista una diversidad de ambientes nuevos que pueden ser colonizados por organismos presentes en la zona (Amarasekare y Possingham, 2001).

En la recolonización de una zona perturbada hay tres factores fundamentales que determinan su trayectoria: 1) las características fisiológicas y reproductivas de las especies que se encontraban antes del disturbio, 2) las características fisiológicas y reproductivas de las especies que llegaron a colonizar el lugar después del disturbio, y 3) las características abióticas (por ejemplo, temperatura, humedad y tipo de suelo) del área donde éste ocurrió (Vega y Peters, 2003).

Los disturbios antropogénicos se pueden clasificar en cuatro tipos: cambio de uso de suelo, introducción de especies exóticas, descarga de sustancias tóxicas al ambiente y sobreexplotación de recursos. Estos disturbios resultan en pérdida de diversidad, reducción de la producción primaria y una baja capacidad del ambiente de soportar estas nuevas condiciones (Rapport y Whitford, 1999).

Cabe mencionar que es complicado desarrollar técnicas generales que se puedan utilizar para evaluar las causas y los efectos de todos los disturbios debido a que los métodos para evaluarlos deben ser adecuados a la escala espacial, al nivel de organización biológica y al tipo de disturbio de los que se trate y, por tanto, cada método será diferente dependiendo del sistema que se quiere evaluar (Vega y Peters, 2003).

## 1.2 Los humedales

Los humedales son sistemas complejos que representan una zona de transición entre sistemas acuáticos y terrestres en los que la capa freática se encuentra cerca de la superficie o el agua que cubre a la tierra es poco profunda (Cowardin *et al.*, 1979). Tienen al menos una de las siguientes características: el suelo sostiene principalmente especies hidrófilas, el sustrato es en su mayoría suelo hídrico no drenado y está saturado o cubierto de agua al menos en alguna estación del año (Cowardin *et al.*, 1979).

Estos ecosistemas permiten la formación de suelos dominados por procesos anaerobios que permiten que prevalezca la vegetación típicamente adaptada a vivir en condiciones que caracterizan a un suelo saturado (Keddy, 2002). En la naturaleza existe una amplia diversidad de humedales, como pantanos, ríos y lagos someros, turberas, manglares y estanques de aguas residuales, entre otras. En todos predomina el suelo hídrico (SCR, 2010).

La función de los humedales es crucial para la conservación de la biodiversidad de diferentes ecosistemas, sin embargo, su importancia no sólo radica en albergar especies vegetales y animales, sino también en que brindan una gran cantidad y diversidad de servicios ecosistémicos, tales como formación de suelo, regulación de la disponibilidad de agua, amortiguamiento de variaciones en la salinidad y de las inundaciones y sequías, regulación climática, provisión de alimento y hábitat para diversas especies, entre otros (MEA, 2005; Capon y Dowe, 2006; SCR, 2010).

Actualmente son pocos los casos de humedales que conservan sus condiciones originales, pues casi todos han sido dañados en distintos grados por las actividades humanas, y muchos han sido transformados a otros usos, como agrícola, industrial y urbano (Contreras y Warner, 2004). Las principales causas de la degradación y pérdida de estos ecosistemas son la sustitución por actividades económicas como el turismo, que causan daños directos como el cambio de uso de suelo, la extracción de agua, la eutrofización, la contaminación del agua y el suelo, y la introducción de especies exóticas invasoras (MEA, 2005). Estos daños no sólo tienen un costo ecológico elevado, sino que también conllevan costos sociales y económicos, por lo que los humedales deben conservarse y se debe detener su destrucción (SCR, 2010).

Los humedales en los desiertos suelen ser ciénegas que se forman cuando el agua subterránea llega a la parte superficial (Hendrickson y Minckley, 1985). Algunos humedales producen oasis en los desiertos más áridos del mundo y contribuyen a la mayor parte de la

biodiversidad de las regiones áridas y semiáridas, a pesar de comprender un área muy pequeña de éstas. Al ser zonas desérticas el agua es escasa, por lo que su mal uso llega a poner en peligro su disponibilidad y la vida que de ella depende (Norman *et al.*, 2014). El mal uso del agua de los desiertos llega a poner en peligro a ecosistemas completos y a la diversidad que albergan (Unmack y Minckley, 2008).

### **1.3 El Valle de Cuatrociénegas**

En México, los humedales del Desierto Chihuahuense son de particular importancia y se concentran en el Valle de Cuatrociénegas, al que confieren características singulares de gran importancia ecológica dado su origen inicial, que es marino. Así, en este valle se encuentran cuerpos de agua originados por el carácter originalmente peninsular del terreno coahuilense, cuyo origen es el mar de Tetis (Souza *et al.*, 2018). Aun cuando la precipitación y la filtración del agua de las montañas hacia el valle es importante en algunos casos, en otros los cuerpos de agua están formados por manantiales y afloramientos que datan de hace millones de años, a veces desde el Precámbrico, como en el caso de Cuatrociénegas (Souza *et al.*, 2004). En el Valle de Cuatrociénegas se encuentran 5 sistemas hidrológicos: Churince, Garabatal-Becerra-Río Mezquites, Tío Cándido-Hundido, Santa Tecla y El Anteojo, de los cuales Santa Tecla y el Garabatal ya están secos, mientras que el Churince está enfrentando un acelerado proceso de desecación (INE, 1999, Pisanty *et al.*, 2013, Souza, *et al.*, 2018, Pisanty *et al.*, en prensa), que probablemente ya sea irreversible.

El principal problema del Valle de Cuatrociénegas es la sobreexplotación de agua con fines agrícolas. La extracción del agua ha llevado a la desecación de los sistemas hidrológicos o de sus partes (CONANP, 1999; Souza *et al.*, 2004; Pisanty *et al.*, 2013). El agua del Valle de Cuatrociénegas es utilizada por los ejidos ahí ubicados, pero además se extraen grandes volúmenes que se dirigen a otras zonas (por ejemplo, los valles vecinos de Calaveras y La Madrid) a través de canales construidos con esos fines. La sobreexplotación de los recursos hídricos está fundamentalmente relacionada con el cultivo de alfalfa (Espinoza *et al.*, 2005), y ya tiene consecuencias en toda la región. Adicionalmente, los grandes desarrollos hidroagrícolas en el vecino valle El Hundido, también abocados al cultivo de alfalfa, han tenido graves consecuencias sobre la hidrología del Valle de Cuatrociénegas. Esto no sólo afecta al valle por la rápida pérdida de agua, sino que también ha cambiado notoriamente algunas de

las características originales de las pozas, ya que algunas que estaban originalmente aisladas ahora se encuentran conectadas entre sí por los canales por los que se extrae el agua, lo cual se traduce en introducción de especies (frecuentemente invasoras) en áreas donde antes no se encontraban, generando competencia y pérdida de diversidad (CONABIO, 2009).

Los esfuerzos para moderar el uso del agua no han tenido los resultados esperados, lo que ha generado muchas presiones sobre los ecosistemas presentes en la región, y es por eso que esta zona constituye uno de los sitios más importantes para la conservación (Souza *et al.*, 2006; CONABIO, 2010; INECC, 2011; De la Maza *et al.*, 2014).

#### **1.4 Los hundimientos diferenciales**

Los hundimientos diferenciales o dolinas, conocidos localmente como abras (Fig. 1), por lo que nos referiremos a ellas así partir de ahora, son hendiduras o socavones que suelen ser muy variables en tamaño y forma, lo cual puede depender de su edad o del modo en el que se formaron. Las formas más comunes son las circulares y elípticas, aunque también las hay irregulares. El tamaño de las abras va desde de unos pocos cm<sup>2</sup> hasta varios m<sup>2</sup>; su profundidad también es variable (Pisanty *et al.*, 2013). Se originan en sustratos kársticos y semikársticos, que conforman un tipo de relieve formado por la combinación de mecanismos como disolución, colapso y construcción de la caliza o el yeso. Estos relieves están dominados por diversos factores, tanto intrínsecos (porosidad y fractura de la roca), como extrínsecos (clima, vegetación y temperatura), que actúan a diferentes escalas espacio-temporales, dando como resultado una gran diversidad de formas y grados de karstificación (Beddows *et al.*, 2007; KWI, 2014).



Figura 1. Diferentes abras del sistema Churince en Cuatrociénegas, Coahuila.

Después de la disolución de sales, la cohesión de las partículas del suelo se pierde y éstas se dispersan, por lo que estos suelos se conocen como dispersivos. Subsecuentemente se presenta un colapso asociado a la variación de los niveles de agua porque cuando el nivel de agua baja deja una cavidad en donde, debido a la falta de soporte, algunas partes del techo colapsan y dan lugar a un abra (Beddows *et al.*, 2007).

Las abras generan condiciones microambientales diferentes a las de la planicie que las circunda, pues dependiendo de su profundidad son más húmedas (llegan a tener varios centímetros de agua en su interior), amortiguan las temperaturas y sus variaciones, limitan la exposición a la irradiación y representan una protección contra los fuertes vientos que son comunes en la zona. En muchos sentidos, emulan las condiciones ribereñas, sobre todo en lo que a disponibilidad de agua se refiere. Las plantas se establecen en el fondo, en las paredes y en la periferia de las abras, aprovechando estas condiciones (Pisanty *et al.*, 2013; Pisanty y Rodríguez-Sánchez, 2014; Pisanty *et al.*, en prensa). La dinámica de las abras, es decir, su apertura, crecimiento y decrecimiento, así como la composición específica de las plantas que en ellas se establecen, pueden servir de ayuda para conocer los efectos de la pérdida de agua. Además, fungen como una alerta temprana de la desecación (Pisanty *et al.*, 2013).

La formación de abras es un evento natural pero esporádico en zonas áridas y semiáridas, sin embargo, en la zona de estudio se observó, a partir de 2004, la aparición de numerosas abras en un período muy breve de tiempo (Pisanty *et al.*, 2013). Este proceso se debió a que la pérdida de intensidad en el flujo del agua del manantial, ubicado en la poza Churince, impidió que el líquido llegara hasta la Laguna Churince a través de la desembocadura del río del mismo nombre. Al suceder esto, el agua que llegaba a la parte final

del río empezó a fluir a nivel subsuperficial por la ribera sur, disolviendo sales del suelo y causando la dispersión de sus partículas, lo cual generó la formación del gran número de hundimientos, así como el establecimiento de especies ribereñas en la planicie (Pisanty *et al.*, en prensa)

## 1.5 Antecedentes

La dinámica de las abras se analiza a partir de los cambios en diferentes variables, a saber, tamaño, profundidad, cobertura vegetal, riqueza de especies y presencia de agua (Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014).

Una vez formadas, las abras son colonizadas por vegetación ribereña. Al respecto se han realizado trabajos previos en los que se analizó la dinámica de las abras, así como la de las especies que se establecen en ellas (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014). En 2008, las especies dominantes en las abras eran de carácter ribereño. Las tres especies dominantes eran *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*, *Flaveria chlorifolia* y *Schoenus nigricans*. Además, más del 50% de las abras tenían agua y las proyecciones indicaron que las abras iban a seguir creciendo y se abrirían nuevas (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013). En 2012, cuando el río ya se encontraba sin agua, las especies dominantes en las abras fueron *S. ebracteatus* var. *coahuilensis*, *Distichlis spicata* y *Flaveria chlorifolia*. La presencia de agua en las abras fue baja, y sólo el 5% de las abras presentaron agua. Se registró agua únicamente en tres censos y las proyecciones indicaron que las abras serían más pequeñas y tendrían más especies, así como que no tendrían más agua (Rodríguez-Sánchez, 2014).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

En el Valle de Cuatrociénegas se encuentran algunos de los humedales más importantes del norte de México. Sin embargo, los sistemas hídricos de este sitio se han ido desecando debido a la sobreexplotación de los acuíferos y al mal manejo del agua. La desecación del sistema Churince ha llegado a un punto aparentemente irreversible, por lo que entender la dinámica de los hundimientos diferenciales, formados a partir del disturbio del sistema hídrico, es necesario para entender los efectos del proceso de desecación y sus consecuencias, así como para identificar las señales de alarma para sistemas similares, ayudando así a determinar su estado y a crear estrategias de manejo, conservación y restauración.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### Objetivo general

Analizar las características físicas, la dinámica y la colonización vegetal de los hundimientos diferenciales de la parte terminal del sistema Churince en Cuatrociénegas, Coahuila.

#### Objetivos particulares

1. Conocer la dinámica de la apertura, permanencia y cierre de las abras, así como la presencia de agua y vegetación en las mismas.
2. Determinar la estructura del conjunto de abras con base en su superficie y su profundidad, así como en la riqueza específica y la cobertura vegetal de las plantas que las colonizan.
3. Analizar el proceso de colonización vegetal de las abras con base en la riqueza, la secuencia, la frecuencia y la cobertura de las especies que en ellas se establecen.
4. Con base en los datos obtenidos, construir un modelo markoviano de la dinámica de las abras en el periodo de estudio a fin de realizar una proyección de su comportamiento a futuro.
5. Corroborar las proyecciones del comportamiento de las abras realizadas en estudios anteriores.

#### Hipótesis:

1. Debido a la falta de agua en el río Churince, la dinámica de las abras se modificará de tal modo que la tasa de apertura de abras nuevas se va a reducir con respecto a lo documentado anteriormente para esta zona, mientras que el número de abras cerradas aumentará, y habrá modificaciones en la presencia de agua y vegetación.
2. Las características de las abras se modificarán, las abras serán más pequeñas y menos

profundas porque al no haber agua las partículas arrastradas por el viento se acumularán sin dispersarse, y su tamaño se reducirá.

3. La composición específica de las abras se modificará conforme cambian sus características. Las especies encontradas en las abras ya no serán necesariamente ribereñas; éstas serán progresivamente menos abundantes y tendrán menor cobertura al ser desplazadas por especies menos hidrófilas y más tolerantes a la creciente escasez de agua disponible, así como a las altas concentraciones de sales y de yeso.
4. Si las condiciones actuales se mantienen, las proyecciones mostrarán una tendencia hacia que se formen menos abras nuevas y a que las ya existentes disminuyan de tamaño o se cierren; igualmente se presentarán diferencias en el proceso de colonización vegetal.
5. Debido a que las condiciones del sistema han cambiado drásticamente en los últimos años, las proyecciones realizadas en estudios anteriores no se cumplirán.

## 4. MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

#### 4.1.1. Localización.

El Valle de Cuatrociénegas se encuentra en el Desierto Chihuahuense, que se encuentra entre las dos grandes cadenas montañosas de México, al este de la Sierra Madre Oriental y al oeste la Sierra Madre Occidental. Dentro del valle se encuentra el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Cuatrociénegas (Fig. 2), ubicada entre las coordenadas  $26^{\circ} 45' 00''$  y  $27^{\circ} 00' 00''$  N, y  $101^{\circ} 48' 49''$  y  $102^{\circ} 17' 53''$  O, con una altitud aproximada de 700 m s.n.m. y una superficie de 84,347 ha (INE, 1999).



Figura 2. Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrociénegas (Google Earth, 2019).

#### 4.1.2. *Clima.*

El valle de Cuatrociénegas tiene clima seco, con lluvias en verano y grandes variaciones en la temperatura, que oscila entre 0° y 50°C. La temperatura media mensual más alta suele ser mayor a 30° C y la más baja menor a 12° C, en tanto que la precipitación anual promedio es de 212 mm, aunque puede haber años muy secos y eventos meteorológicos que aporten grandes cantidades de agua en intervalos reducidos de tiempo (INE, 1999).

#### 4.1.3 *Suelos.*

En el valle de Cuatrociénegas se ha identificado una variedad considerable de suelos. En particular, en zonas con acumulación de agua se encuentran Xerosoles lúvicos y gípsicos con alta salinidad. También se encuentran suelos lacustres o aluviales muy alcalinos, de tipo Solonchak órtico, que se caracterizan por tener una capa superficial clara y pobre en materia orgánica y nutrientes. El pH de estos últimos suelos varía en los manantiales de 7.0 a 7.2 y en los lagos que se encuentran en fase de desecación de 8.0 a 9.7 (CONABIO, 2009).

#### 4.1.4. *Biodiversidad ecosistémica y específica.*

El Valle de Cuatrociénegas se caracteriza por tener una gran diversidad de ecosistemas debido a su compleja historia geológica, al aislamiento y las condiciones de sequedad y salinidad características de las zonas áridas y semiáridas, pero también de humedad y disponibilidad de agua en los sistemas hidrológicos y las zonas que los circundan. La variabilidad edáfica y los gradientes hídricos y altitudinales contribuyen a la diversidad ecosistémica característica de esta zona. Aunadas, estas características permitieron que se generaran las condiciones que propician el endemismo (INE, 1999, Souza, *et al.* 2018). La fauna acuática incluye seis especies endémicas de peces que están en peligro de extinción. Cuatrociénegas es el hábitat de unas 140 especies de aves. También cuenta con una alta diversidad de estromatolitos que datan del Cámbrico. Se encuentran 883 especies de plantas, de las cuales 26 son endémicas (INE, 1999). Pinkava (1984) propone siete tipos de vegetación en la región, que incluyen matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo, matorral desértico de transición, vegetación halófila, vegetación gipsófila, áreas sin vegetación aparente y vegetación acuática y subacuática.

#### *4.1.5. Hidrología.*

Cuatrociénegas está en una región hidrológica llamada Río Bravo-Conchos. La zona se caracteriza por la presencia de complejos sistemas hidrológicos, que generan pozas, manantiales, ríos, arroyos y lagunas, que incluyen dos grandes lagunas terminales. Debido a que es una cuenca endorreica (sin salida al mar) y a las características del suelo, los cuerpos de agua de los alrededores se infiltran por medio de depósitos aluviales permeables (IMTA, 2005). En el valle se encuentran siete sistemas hidrológicos entre los que destacaba el sistema Churince por incluir a la mayor de las dos lagunas de desecación presentes en el valle, por la gran diversidad de bacterias, por su extensión y por la diversidad de ambientes que generaba, que incluyen a las dunas de yeso, formadas a partir de los depósitos lacustres (INE, 1999, Souza, 2004)

#### *4.1.6. El sistema Churince.*

Se localiza al noroeste del Valle de Cuatrociénegas y está conformado por la poza Bonita, la poza Churince, el río Churince, la laguna Intermedia (localmente conocida como Los Güeros) y la laguna Churince (localmente conocida como Grande) (Figura 3). La poza Churince alberga al manantial que abastece el agua a todos los elementos del sistema, (Rodríguez-Sánchez, 2014). El río Churince, cuya parte terminal e intermedia se encuentran ya sin agua, desembocaba en la laguna Churince que está ya completamente seca desde 2015.

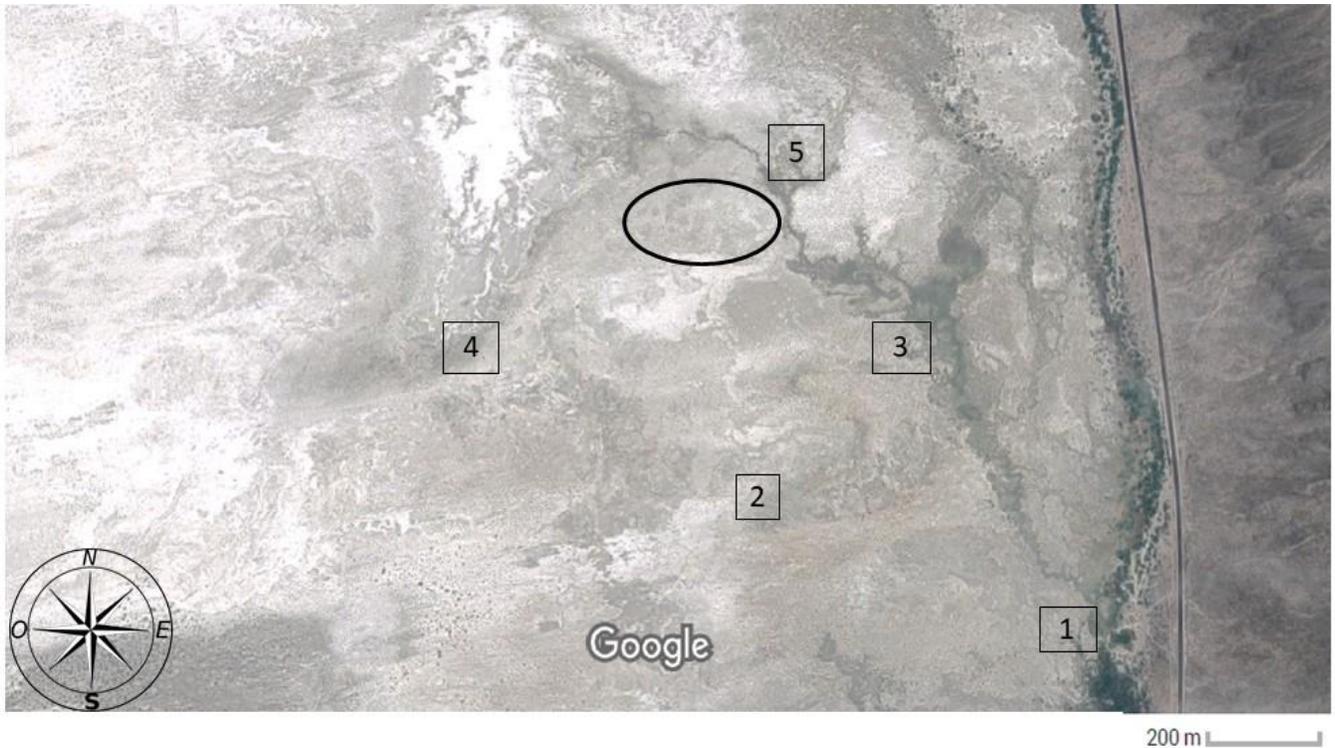


Figura 3. Sistema Churince. 1. Poza Churince. 2. Poza Bonita. 3. Laguna Intermedia. 4. Laguna Churince. 5. Río Churince. La elipse señala la zona de estudio (Google Earth, 2019).

#### 4.1.7 Vegetación del sistema Churince.

Los bordes de los cuerpos de agua del sistema presentan franjas de vegetación ribereña que indican la presencia de agua y que son fácilmente distinguibles a la distancia. Las partes circundantes se caracterizan por tener una escasa cubierta vegetal, de muy poca altura, en la que actualmente domina la poácea *Sporobolus airoides*. Antes de la desecación de los cuerpos de agua, la especie dominante era *Distichlis spicata* (Poaceae), que tenía muy poca cobertura (Pinkava, 1984; INE, 1999; CONABIO, 2017; Pisanty *et al.* 2013; Pisanty *et al.* en prensa). Estas condiciones se han ido modificando a partir de la pérdida, a nivel subsuperficial, del agua del río, lo que ha modificado a la zona propiamente ribereña y a la planicie que la circunda. Es a lo largo de esta planicie, que originalmente era muy seca y con alta concentración de sales y yeso, en la que se han formado las abras, que representan microambientes discretos que fueron colonizados por especies ribereñas. Las especies recientemente reportadas como las más frecuentes en las abras son *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*, *Schoenus nigricans*, *Flaveria chlorifolia*, *Distichlis spicata* y *Sporobolus airoides* (Rodríguez-Sánchez, 2014; Pisanty *et al.* en prensa). Sin embargo, la importancia de cada especie ha ido variando dependiendo

de las condiciones, sobre todo de la disponibilidad de agua (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al*, 2013).

## 4.2 Censo

Se realizó un censo bimestral de las abras presentes en la parte terminal del Sistema Churince (26° 84' N, -102° 13' O), con base en los censos anteriores realizados desde 2008 por Pérez y Sosa (2009), Pisanty *et al.* (2013), Rodríguez-Sánchez (2014) y Peña (en prep.). El primer censo se realizó en 2008 (Pérez y Sosa, 2009); en su inicio se censaron y marcaron todas las abras que se encontraron, así como las que se fueron formando subsiguientemente. Este procedimiento se mantuvo continuamente a lo largo de los años y se siguió en el presente trabajo. De esta forma, se registra el número de abras nuevas (de reciente apertura), el de abras que permanecen (de formación previa) y el de abras que se cierran. Las abras reportadas como cerradas fueron revisadas en todos los censos a fin de registrar su posible reapertura, y las abras nuevas fueron registradas como tales e incorporadas al conjunto de abras abiertas.

Para cada abra se consideraron las siguientes variables físicas: tamaño (superficie abarcada a nivel del suelo), profundidad y presencia de agua. Igualmente, se registraron las variables bióticas representadas por la presencia de vegetación, así como la composición específica, riqueza de especies vegetales y cobertura vegetal, de acuerdo a los procedimientos detallados a continuación.

### 4.2.1 Tamaño.

Para determinar el tamaño de las abras se midió el largo y ancho a nivel superficial de cada una y se calculó la superficie aproximándose a la de una elipse con la fórmula:

$$A = \pi \left( \left( \frac{D_1}{2} \right) \left( \frac{D_2}{2} \right) \right)$$

Donde:

A= superficie (área)

$D_1$ = diámetro mayor

$D_2$ = diámetro menor

#### *4.2.3 Profundidad.*

Se consideró la profundidad a partir del borde del abra hasta el fondo de ésta de manera vertical, en su parte más profunda.

#### *4.2.4 Presencia y nivel de agua.*

Se registró la presencia de agua en las abras y, en caso de haberla, se midió el nivel que alcanzaba considerando la distancia entre el fondo del abra y la superficie del agua.

#### *4.2.5 Parámetros de la vegetación.*

Se analizaron los siguientes parámetros para el conjunto de las abras:

- o Composición: identificación de todas las especies presentes en cada una de las abras.
- o Riqueza: número de especies en cada abra.
- o Frecuencia: número de abras en las que aparece cada especie en cada censo.
- o Cobertura: Se midió el largo y el ancho a cada uno de los individuos de cada una de las especies presentes en el fondo, la pared y la periferia en cada abra. Para la periferia sólo se consideraron las plantas enraizadas en los primeros 5 cm a partir del borde del abra, porque, aunque a esta distancia no están propiamente en el abra, los efectos de la misma (por ejemplo, la humedad en el suelo), aún se presentan. Posteriormente se determinó la cobertura específica sumando las coberturas individuales de cada especie, así como el porcentaje de cobertura total del abra. Para esta última, en el análisis sólo se tomaron en cuenta las coberturas del fondo y la pared, debido a que la cobertura de las plantas enraizadas en la periferia generalmente no afecta directamente al abra, pues generalmente crecen hacia la planicie más que hacia dentro de la misma. Dado que son plantas pequeñas que frecuentemente crecen al ras del suelo, su cobertura afecta más a la zona circundante que al abra misma.

### 4.3. Análisis de los resultados

#### 4.3.1 Análisis matricial.

Los cambios a lo largo del tiempo en cada uno de los parámetros utilizados para describir a las abras fueron representados y analizados con matrices de transición (A), equivalentes a las utilizadas en los modelos poblacionales (Caswell, 2001), salvo porque no incluyen valores de fecundidad.

Para construir las matrices, los datos obtenidos para cada una de las variables antes mencionadas se categorizaron de acuerdo con los criterios utilizados por Rodríguez-Sánchez (2014) para tamaño (tabla 2), profundidad (tabla 3), riqueza (tabla 4) y cobertura (tabla 5). Se construyeron matrices bimestrales (septiembre-noviembre, noviembre-enero, enero-marzo, marzo-mayo, mayo-julio y julio-septiembre), calculando la probabilidad de transición de una categoría a otra, así como la de permanecer en la misma (permanencia o estasis valores en la diagonal de la matriz). Se construyó además una matriz anual (Anexo I) que registra los cambios correspondientes al intervalo entre el primer muestreo y el último. Dado que el análisis anual basado únicamente en el tiempo inicial y el final produce una matriz que no cumple con el supuesto de ser positiva, es decir, que todos sus valores sean estrictamente mayores que cero (Caswell, 2001), se optó por realizar una matriz anual promedio (Anexo I). Para ello se promediaron los valores  $a_{ij}$  de todas las matrices bimestrales (Anexo I) y se obtuvo la probabilidad de crecimiento, decrecimiento y permanencia para cada parámetro.

Tabla 2. Categorías de superficie.

| <b>Categoría</b> | <b>Tamaño (m<sup>2</sup>)</b> |
|------------------|-------------------------------|
| <b>1</b>         | 0.003-0.050                   |
| <b>2</b>         | 0.051-0.1                     |
| <b>3</b>         | 0.11-0.2                      |
| <b>4</b>         | 0.21-0.4                      |
| <b>5</b>         | 0.41- >1.6                    |
| <b>C</b>         | Cerrada                       |

Tabla 3. Categorías de profundidad

| <b>Categoría</b> | <b>Profundidad (cm)</b> |
|------------------|-------------------------|
| <b>1</b>         | 16 – 30                 |
| <b>2</b>         | 31 – 45                 |
| <b>3</b>         | 46 – 60                 |
| <b>4</b>         | 61 – 75                 |
| <b>5</b>         | >75                     |
| <b>C</b>         | <16                     |

Tabla 4. Categorías de riqueza

| <b>Categoría</b> | <b>Riqueza (No. De especies)</b> |
|------------------|----------------------------------|
| <b>0</b>         | 0                                |
| <b>1</b>         | 1                                |
| <b>2</b>         | 2                                |
| <b>3</b>         | 3                                |
| <b>4</b>         | 4                                |
| <b>5</b>         | 5 a 7                            |

Tabla 5. Categorías de cobertura

| <b>Categoría</b> | <b>Cobertura (%)</b> |
|------------------|----------------------|
| <b>1</b>         | Sin vegetación       |
| <b>2</b>         | < 1                  |
| <b>3</b>         | 1 – 9.99             |
| <b>4</b>         | 10 – 39.99           |
| <b>5</b>         | 40 – 69.99           |
| <b>6</b>         | 70 – 99.99           |
| <b>7</b>         | > 100                |

Las matrices para cada uno de los parámetros considerados se multiplicaron por el vector inicial, correspondiente al número de abras de cada categoría, para calcular  $N_{t+n}$ , a fin de poder realizar las proyecciones, en tanto que para determinar la tasa de cambio en el número de abras se calculó el equivalente a la tasa instantánea de crecimiento poblacional ( $\lambda_{\text{instantánea}}$ ) que, de acuerdo a Lemos *et al.* (2005) se calcula como:

$$\lambda = \frac{N_{t+1}}{N_t}$$

donde:

$\lambda$ = tasa finita de crecimiento, en este caso de variación.

$N_{t+1}$ = número abras en t+1

$N_t$ = tamaño de la población inicial.

#### 4.3.2. Análisis estadístico.

Se realizaron dos ANOVA de medidas repetidas, uno con la frecuencia y otro con la cobertura de las especies que se establecen en las abras para determinar si hay diferencias significativas. En ambos casos se realizó una transformación debido a que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Zar, 2010). La frecuencia al ser un conteo, se analizó utilizando la transformación  $\sqrt{x}$ , y en los datos de cobertura se utilizó  $\arcsen(\sqrt{x})$  al tratarse de porcentajes. Posteriormente se realizó una prueba de Tukey para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Dinámica de las abras

A lo largo del año de censo, el número de abras cerradas aumentó, mientras que el de las abiertas fue disminuyendo. El mayor número de abras abiertas se registró al inicio del muestreo, en octubre de 2016 (96 abras), mientras que el menor fue en junio de 2017 (81 abras). Algunas de las abras reabiertas volvieron a cerrarse, y otras se cerraron y volvieron a abrirse más de una vez. Las abras que se reabrieron podían permanecer abiertas o volver a cerrarse, y éstas últimas podían hacerlo definitiva o intermitentemente. El número máximo de abras reabiertas se registró en agosto de 2017 (15 abras). Sólo se registraron dos abras nuevas en todo el año de censos. La tasa de cambio anual del número de abras ( $N_{t+1}/N_t$ ) es de 0.9

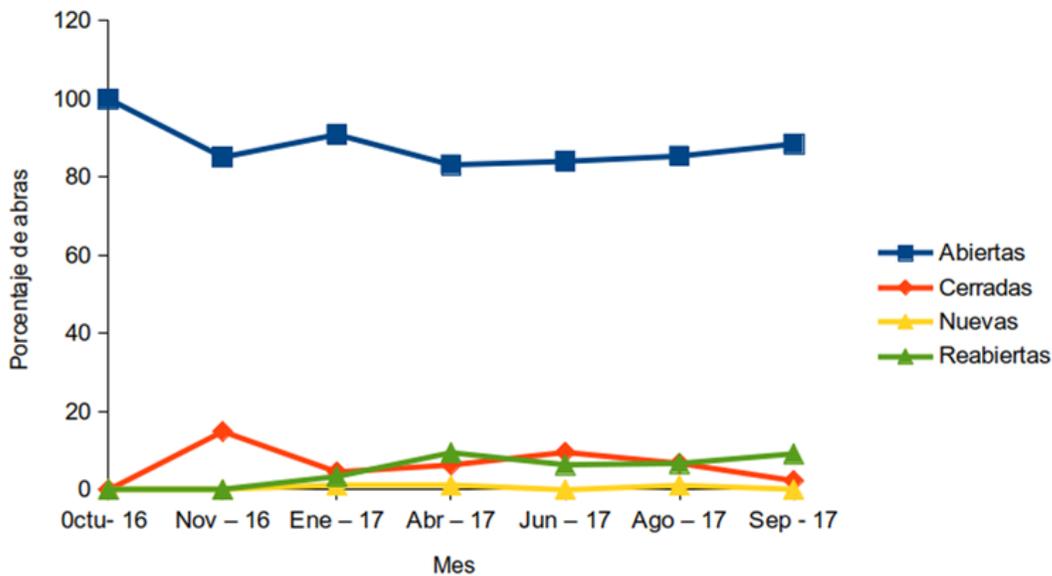


Figura 4. Porcentaje bimestral de abras cerradas, abiertas, nuevas y reabiertas de octubre 2016 a septiembre 2017 en el sistema Churince, Cuatrociénegas, Coahuila.

## 5.2 Vegetación

La mayoría de las abras tuvo vegetación todo el año, pero en enero de 2017 el porcentaje de abras sin vegetación fue de 41.6 %, seguido por abril de 2017 (15.6%), junio de 2017 (13.3%) y agosto (12.6%). El porcentaje mínimo de abras sin vegetación (5.8%) fue en noviembre de 2016, seguido por septiembre de 2017 (5.4%) y octubre de 2016 (10 %) (Fig. 5).

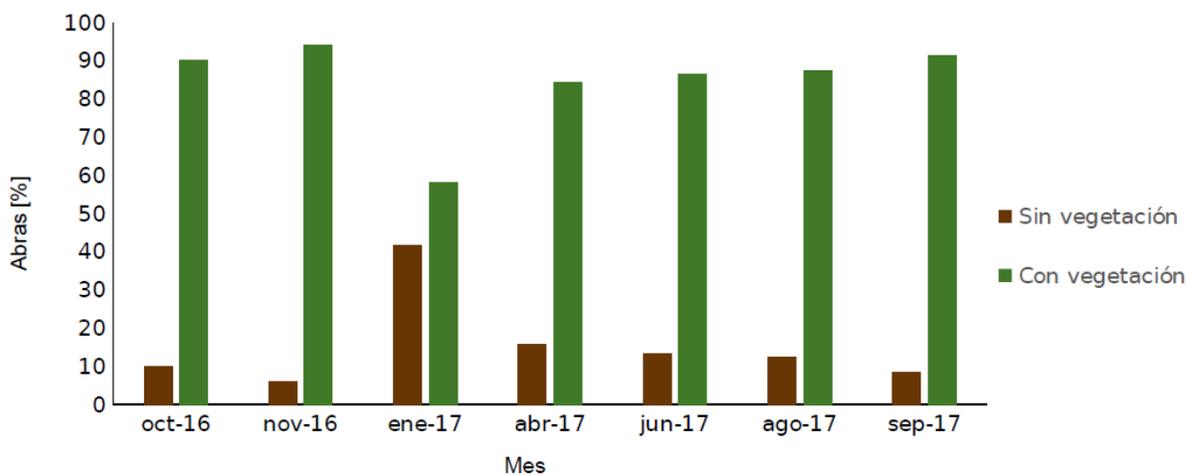


Figura 5. Porcentaje de abras con vegetación en la parte terminal del sistema Churince (Cuatrociénegas, Coah.).

## 5.3 Agua

Solo se encontró agua en dos ocasiones (noviembre de 2016 y en septiembre de 2017), a lo largo del año de trabajo, en un abra diferente cada vez. Además, el nivel del agua presente en ellas no rebasó los 3 cm. El resto de los meses no se registró agua en ninguna de las abras.

## 5.4 Estructura y dinámica de las abras

### 5.4.1. Superficie.

Se registraron todas las categorías de superficie de las abras en todos los censos. Las categorías más frecuentes fueron la 1 (0.003-0.050 m<sup>2</sup>), la 2 (0.051-0.1 m<sup>2</sup>) y la C (cerradas). El porcentaje más alto de abras de la categoría 1 se registró en octubre de 2016 (11.4%) y

enero de 2017 (10%), y sus mínimos en agosto (6.5%), y abril y septiembre de 2017 (19.1%). La categoría 2 tuvo sus valores máximos en enero y abril de 2017, con un total de 16(17.6%) y 14 (14.5%) respectivamente. Sus valores más bajos fueron en junio de 2017 (9.2%), agosto de 2017 (11.7%) y septiembre de 2017 (11.6%). En octubre de 2016 y noviembre de 2016 tuvieron valores de 3.6% y 4.3% respectivamente.

Las abras cerradas alcanzaron su valor máximo en abril, junio y septiembre de 2017 con un total de (68.1%). El valor más bajo fue al inicio del muestreo, en el mes de octubre, con 0% de las abras cerradas (el número inicial), y después enero de 2017 y noviembre de 2016 19.1% (Fig. 6).

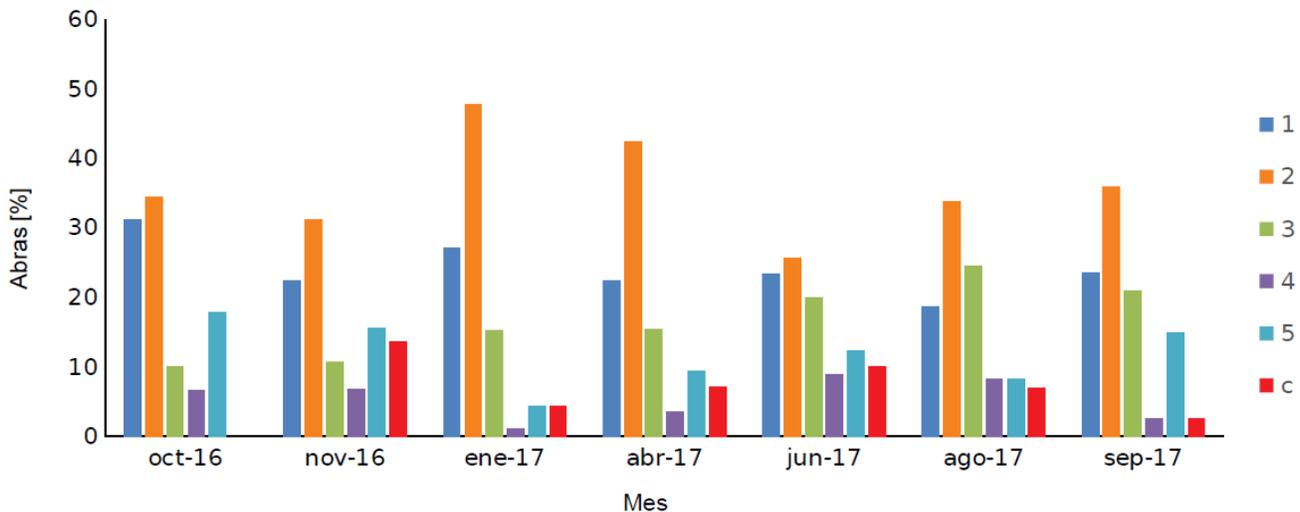


Figura 6. Estructura del conjunto de abras con base en las categorías de superficie. 1=0.003-0.05 m<sup>2</sup>, 2=0.051-0.10 m<sup>2</sup>, 3=0.11-0.2 m<sup>2</sup>, 4=0.21-0.4 m<sup>2</sup>, 5=0.41- >1.6 m<sup>2</sup>, C=Cerrada

En la proyección promedio anual (Fig. 7), la categoría que va a predominar será también la 2 (32.3%), pero seguida por la 1 (23.2%). Las abras cerradas son las que tendrán un mayor cambio, ya que pasarán de 4% al 16.45%, posteriormente, la categoría 3 terminará con el 15.2% y las categorías 4 y 5 con 2.9% y 9.7% respectivamente.

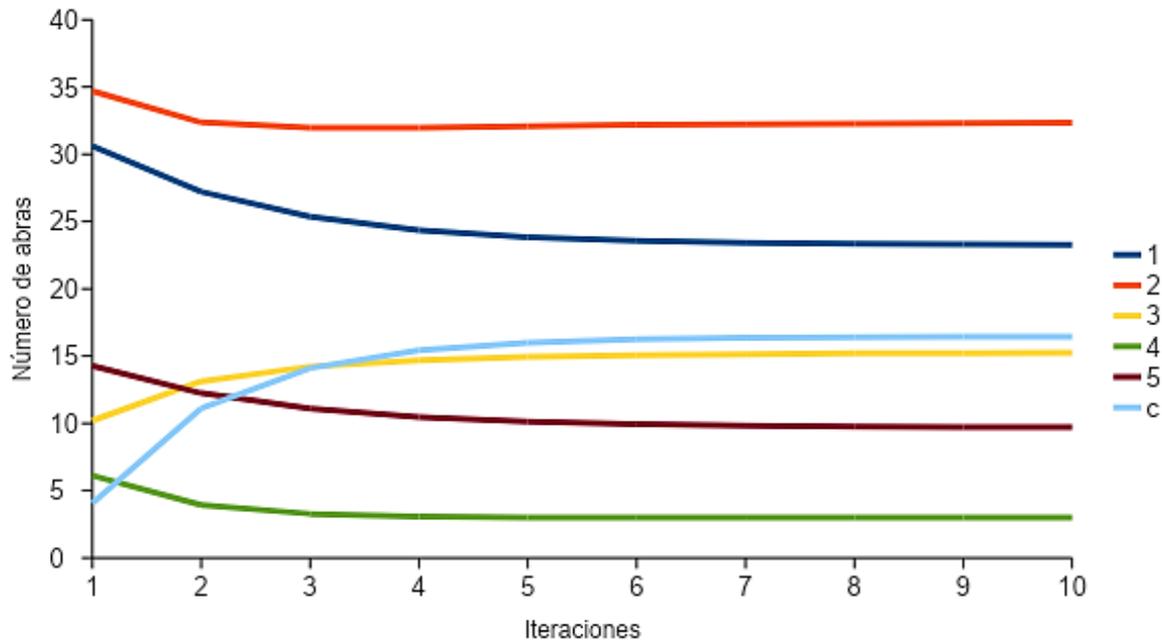


Figura 7. Proyección anual promedio del conjunto de abras con base en las categorías de superficie. 1=0.003-0.05 m<sup>2</sup>, 2=0.051-0.10 m<sup>2</sup>, 3=0.11-0.2 m<sup>2</sup>, 4=0.21-0.4 m<sup>2</sup>, 5=0.41- >1.6 m<sup>2</sup>, C=Cerrada

#### 5.4.2. Profundidad.

Salvo por la categoría 4, que no se registró en abril ni en septiembre de 2017, todas las categorías de profundidad fueron registradas en todos los censos. Las categorías más frecuentes fueron la 1 y la 2, así como las cerradas (C). La categoría 1 alcanzó valores máximos de 65 (69%) en el mes de septiembre de 2017 y de 55 (58.4%) en enero de 2017, mientras que los valores mínimos se registraron en junio de 2017 con 49%. La categoría 2 fue más constante, su valor máximo, de 32.4%, correspondió al inicio del muestreo, en octubre de 2017, y su valor mínimo fue de 22.8% en el último censo correspondiente a septiembre de 2017 (Fig. 8).

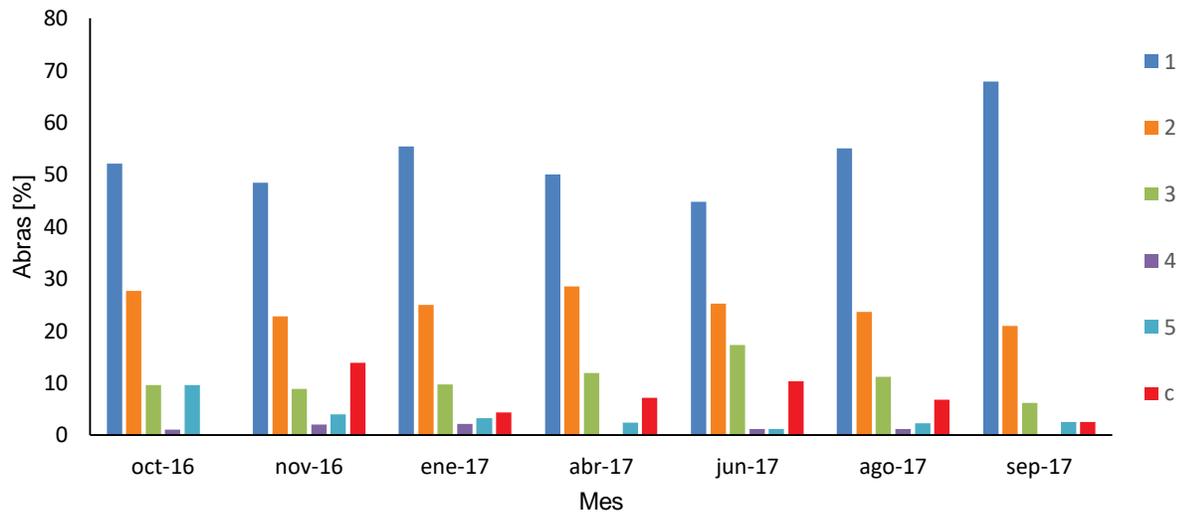


Figura 8. Estructura del conjunto de abras con base en las categorías de profundidad. 1= 10-30 cm, 2= 31-45 cm, 3= 46-60 cm, 4= 61-75 cm, 5 = >75 cm, C = Cerrada.

La proyección anual promedio para este parámetro (Fig. 9) no tiene grandes cambios en porcentajes iniciales y finales de las proyecciones y también se estabilizan muy rápido. La proyección indica que la categoría predominante será la categoría 1, con casi el 50% de las abras mientras que las categorías más grandes (4 y 5) se mantendrán por debajo del 10%.

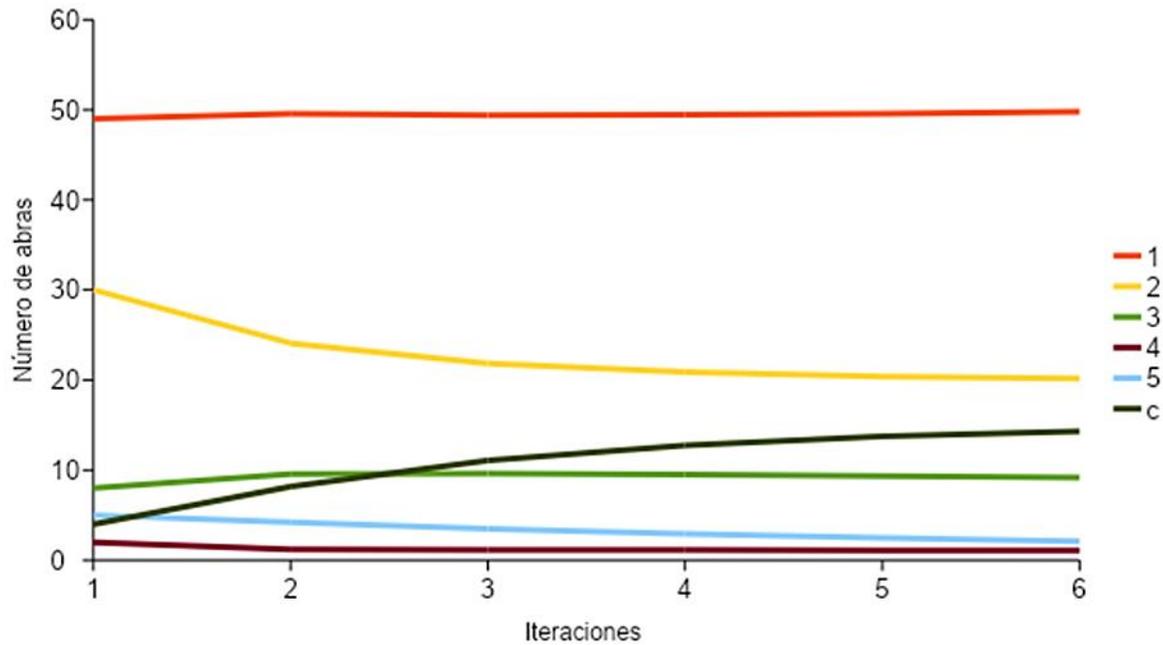


Figura 9. Proyección anual promedio del conjunto de abras con base en las categorías de profundidad. 1= 10-30 cm, 2= 31-45 cm, 3= 46-60 cm, 4= 61-75 cm, 5 = >75 cm, C = Cerrada

#### 5.4.3 Especies colonizadoras de las abras

Se encontraron en total 13 especies de plantas a lo largo del año de muestreo, correspondientes a 7 familias, de las cuales la más frecuente fue Asteraceae, seguida de Poaceae (Tabla 6). Cabe destacar que ningún abra tuvo todas las especies al mismo tiempo y que el número máximo de especies juntas simultáneamente en un abra fue de siete (*F. chlorifolia*, *D. spicata*, *S. nigricans*, *S. airoides*, *S. ebracteatus* var. *coahuilensis*, *E. exaltatum* y *H. robusta*).

Tabla 6. Especies encontradas en las abras. \*= endémica regional o de la APFF  
(Fuentes: Pinkava, 1984; Hendrickson, 1985; Villarreal-Quintanilla y Encinas, 2018).

\*\* Especies ribereñas que se encuentran entre las primeras colonizadoras de las abras  
(Fuentes: Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014; Pisanty *et al.*, en prensa)

| Especie   | Familia      | Ciclo de vida                  | Hábito de crecimiento       |
|---|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| <i>Sesuvium verrucosum</i> Raf.                                     | Aizoaceae    | Anual                          | Herbácea erecta             |
| <i>Cirsium coahuilense</i> Ownbey & Pinkava                         | Asteraceae   | Perenne                        | Herbácea erecta             |
| <i>Erigeron cuatrocienegensis</i> * G.L. Nesom                      | Asteraceae   | Anual                          | Herbácea postrada           |
| <i>Flaveria chlorifolia</i> A. Gray **                              | Asteraceae   | Perenne                        | Herbácea erecta o arbustiva |
| <i>Haploesthes robusta</i> A. Gray                                  | Asteraceae   | Anual                          | Herbácea erecta             |
| <i>Schoenus nigricans</i> L. **                                     | Cyperaceae   | Perenne                        | Herbácea erecta             |
| <i>Prosopis glandulosa</i> Torr.                                    | Fabaceae     | Perenne                        | Árborea                     |
| <i>Eustoma exaltatum</i> Salisb. ex G. Don                          | Gentianaceae | Anual, o perenne de vida corta | Herbácea erecta             |
| <i>Sabatia tuberculata</i> * J. E. Williams                         | Gentianaceae | Anual                          | Herbácea erecta             |
| <i>Distichlis spicata</i> Greene                                    | Poaceae      | Perenne                        | Herbácea rastrera, clonal   |
| <i>Sporobolus airoides</i> Torr.                                    | Poaceae      | Perenne                        | Herbácea erecta, clonal     |
| <i>Samolus ebracteatus</i> var. <i>coahuilensis</i> * Henrickson ** | Primulaceae  | Perenne                        | Herbácea postrada, clonal   |

#### 5.4.4. Riqueza

La riqueza fue cambiando a lo largo del año de muestreo y fue posible observar por un lado cambios asociados a la marcada estacionalidad de la zona y, por el otro, al proceso del recambio de especies, en cuyo registro influye la longevidad de las plantas (anuales o perennes). Las categorías más frecuentes fueron la 1 y la 2. Sin embargo, la categoría 0 alcanzó los valores máximos en enero de 2017 con 46.2%, *i.e.*, cerca de la mitad de las abras abiertas carecían de vegetación aparente, seguida por abril y junio de 2017, donde el número de abras de categoría 0 se reduce casi a la mitad de lo que se encontraba en enero (25% y 21.8% respectivamente). Sus valores mínimos fueron en noviembre de 2016 (9.2%), septiembre de 2017 (10.1%) y octubre de 2017 (11.8%). La categoría 1 alcanzó sus valores máximos en noviembre de 2016 (44.7%) y agosto de 2017 (39.7%), sus valores mínimos fueron en enero de 2017 (16.1%), en octubre de 2016 (9.2%) y en septiembre de 2017 (25%). La categoría 2 tuvo un valor máximo de 36.8% en el mes de octubre de 2016, seguida por septiembre (29.11%) y agosto (23.2%) de 2017. La categoría menos frecuente fue la 5, que mantuvo valores inferiores a 5% a lo largo de todo el muestreo (Fig. 10).

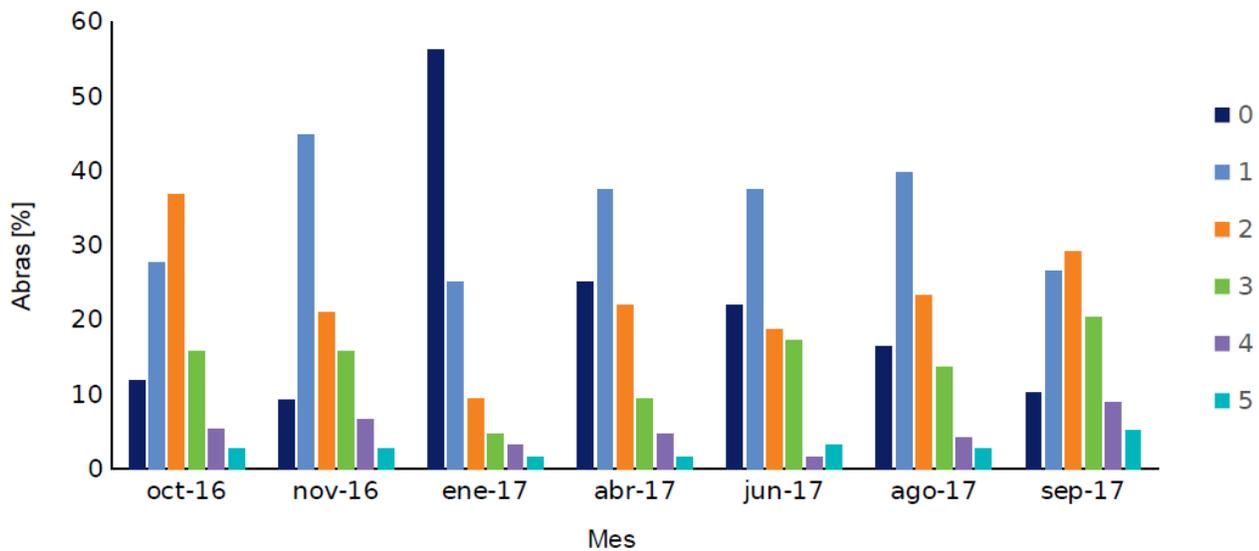


Figura 10. Estructura del conjunto de abras con base en las categorías de riqueza (número de especies). 0= ninguna planta 1= 1 especie, 2= 2 especies, 3= 3 especies, 4= 4 especies, 5= 5 o más especies

La proyección anual promedio (Fig. 11) muestra que el conjunto de abras se estabiliza desde las primeras iteraciones, casi todas las categorías mantienen sus porcentajes iniciales o valores muy similares al final de las iteraciones, a excepción de las categorías 0 y 2 que tienen un aumento del 4.5% y una disminución del 4.4% respectivamente.

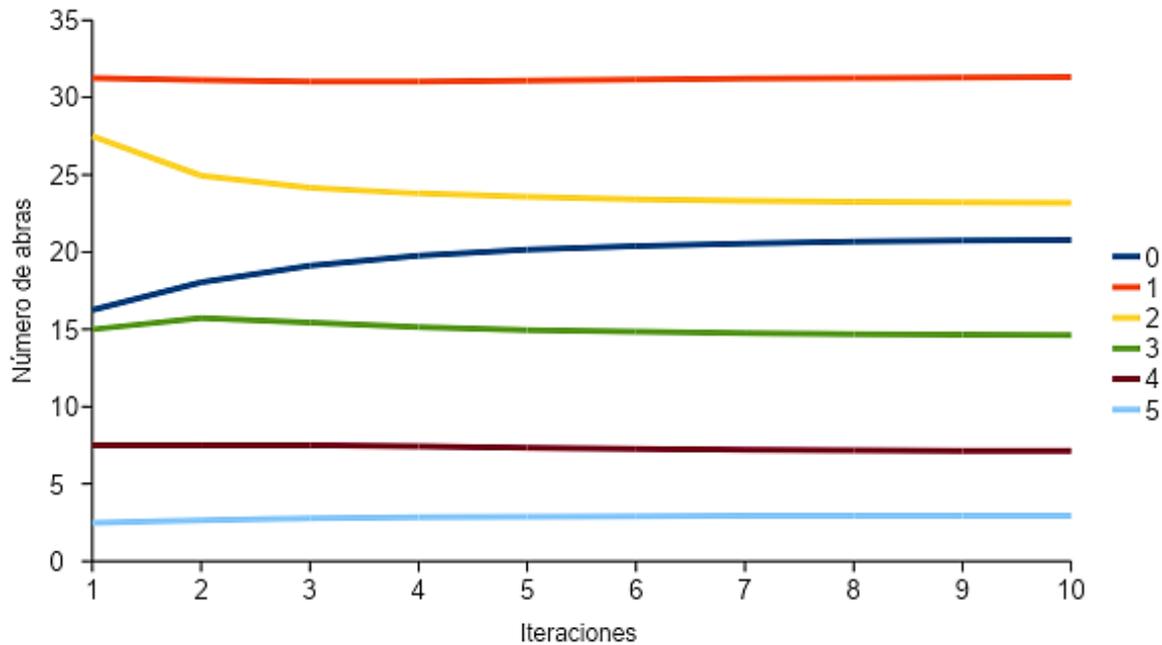


Figura 11. Proyección anual promedio del conjunto de abras con base en las categorías de riqueza. 0= ninguna planta 1= 1 especie, 2= 2 especies, 3= 3 especies, 4= 4 especies, 5= 5 o más especies.

#### 5.4.5. Cobertura.

Las categorías de cobertura total de las abras más frecuentes fueron la 1 y la 4. La categoría 1 tuvo valores máximos de 72.7% en el mes de enero de 2017, seguido por agosto y junio de 2017, con valores de 67.5% y 60.9% respectivamente. La categoría 4 tuvo valores máximos en octubre de 2016 (59.2%), abril de 2017 (51.5%) y junio de 2017 (39%). El resto de las categorías fue muy inestable y no todas las categorías están presentes a lo largo del año, como sucede con la categoría 6, que no está representada en el mes de enero de 2017 (Fig. 12), reflejando la respuesta estacional de este parámetro, así como los diferentes ciclos de vida de las plantas.

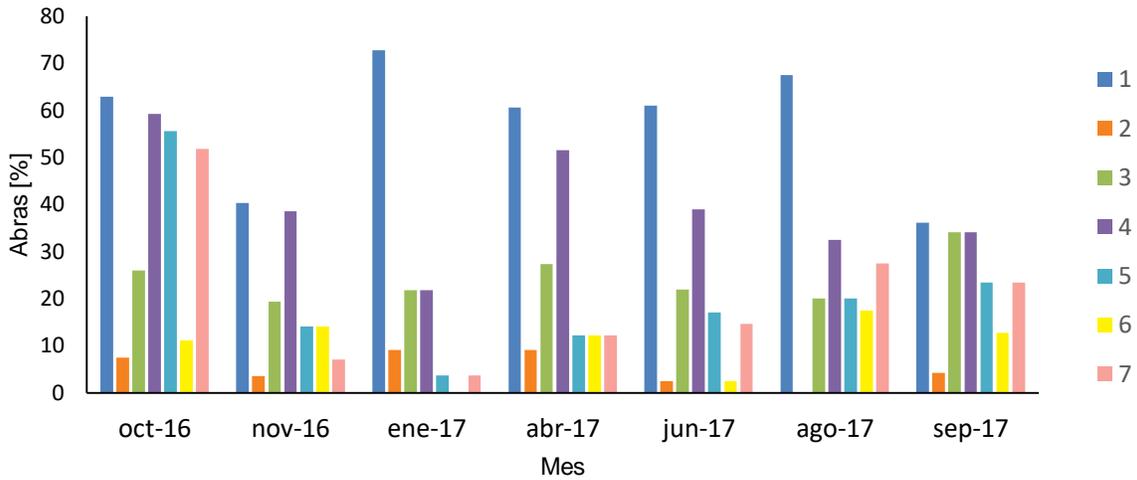


Figura 12. Estructura del conjunto de abras con base en las categorías de cobertura. 1= sin vegetación, 2= <1%, 3=1-9.99%, 4= 10-39.99%, 5=40-69.99, 6=70-99.99%, 7= >100%.

Como se puede observar en la figura 13, *F. chlorifolia* es la especie que más contribuye a la cobertura total del abra, con casi el 42.1%, seguida de *S. airoides* con 31.7% y *S. nigricans* con el 19.8%. El resto de las especies presentaron una cobertura menor al 3%.

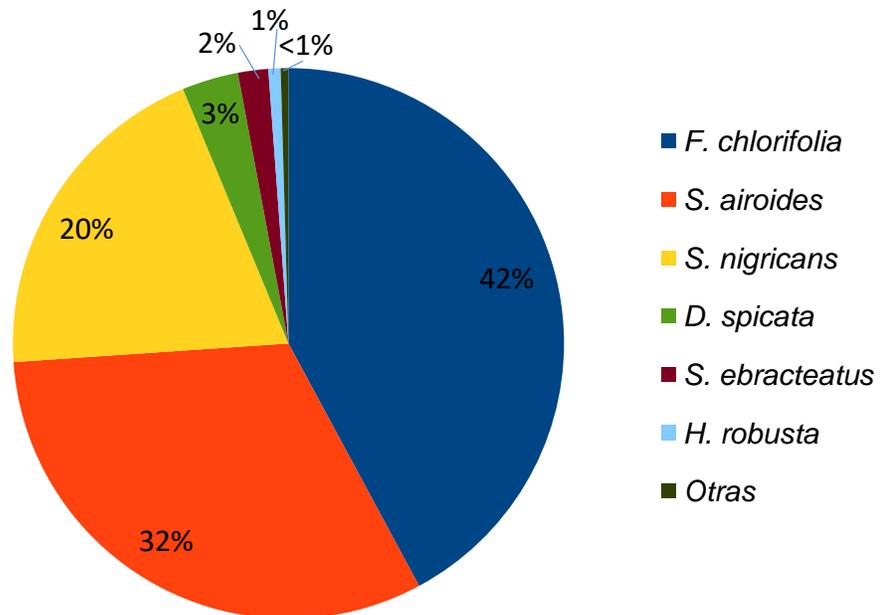


Figura 13. Contribución específica a la cobertura de las abras del sistema Churince, Cuatrociénegas, Coahuila.

La proyección anual promedio (Fig. 14) muestra que la categoría predominante será la 1, que estará presente en el 30.75% de las abras, seguida por la categoría 4, que terminará con valores del 16.3%, mientras que las categorías 2, 3, 5, 6 y 7 presentarán valores del 2.1%, 9.7%, 5.9%, 2.9% y 7% respectivamente.

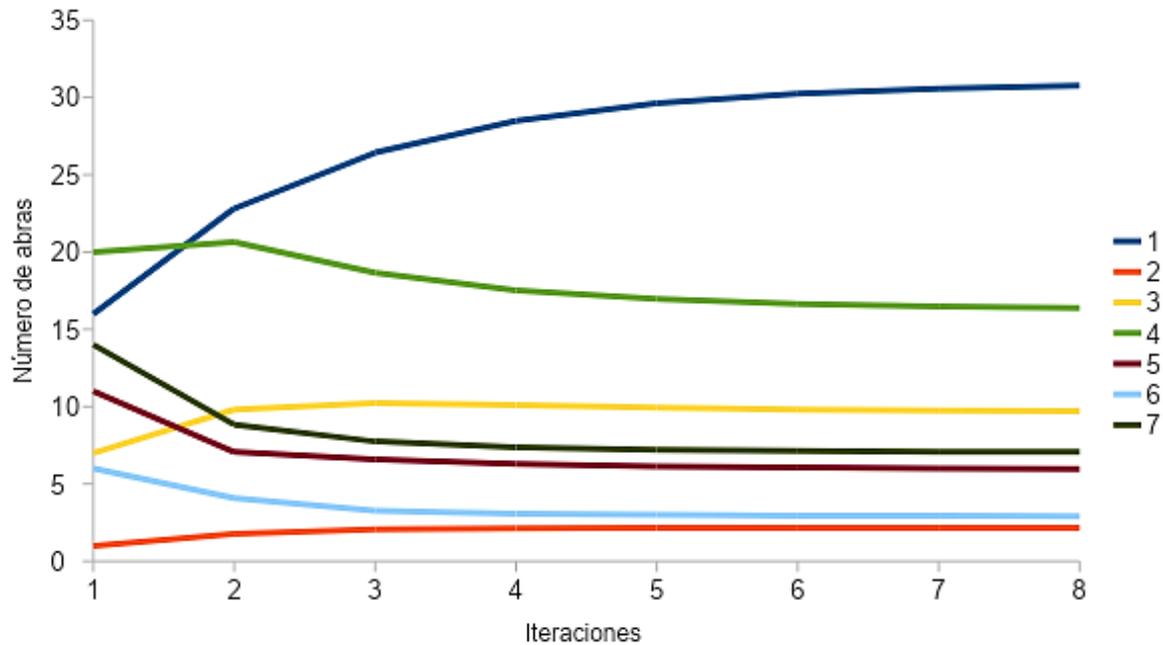


Figura 14. Proyección anual promedio del conjunto de abras con base en las categorías de cobertura. 1= sin vegetación, 2= <1%, 3=1-9.99%, 4= 10-39.99%, 5=40-69.99, 6=70-99.99%, 7= >100%.

En la figura 15 se muestra la variación de la cobertura a lo largo del periodo de estudio, y se puede observar que hay 3 picos principales de cobertura para *F. chlorifolia* y *S. airoides*. El primero se presenta en octubre de 2016, seguido por otro en abril de 2017 y, finalmente, el tercero corresponde a agosto de 2017. *S. nigricans* tiene los primeros dos picos, pero no el tercero. El resto de las especies tiene coberturas constantemente bajas durante todo el año, pero aun así presentan los mismos tres picos que las especies anteriores.

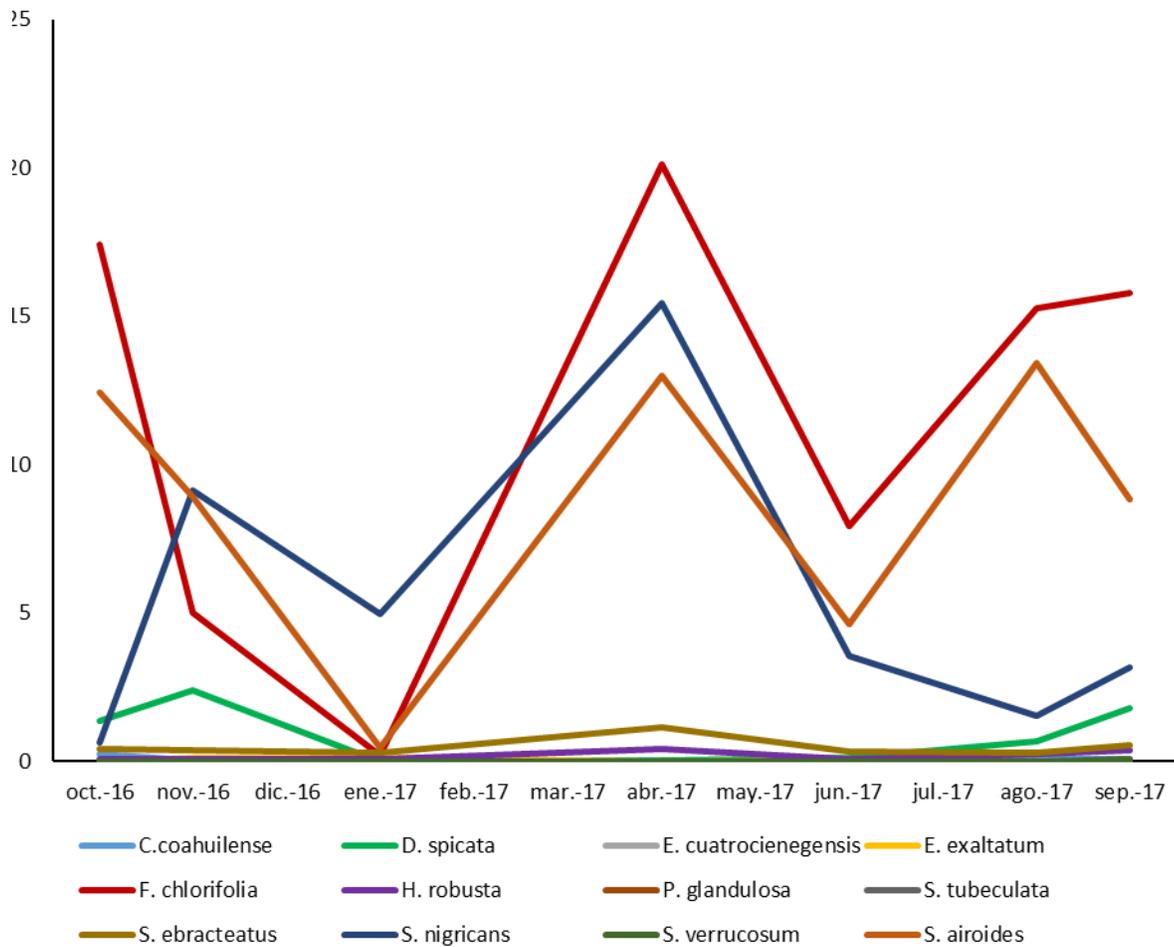


Figura 15. Cobertura de las especies colonizadoras de las abras del sistema Churince, Cuatrociénegas, Coahuila.

## 5.5 Análisis de varianza.

El análisis de varianza de medidas repetidas (Fig. 16) permitió identificar que las especies se agrupan de acuerdo con su frecuencia en las abras. Las especies más frecuentes son *F. chlorifolia*, *D. spicata*, *S. ebracteatus* var. *coahuilensis*, *S. airoides* y *H. robusta*, y conforman un primer grupo. El segundo grupo está formado por *C. coahuilense*, *P. glandulosa*, *E. exaltatum*, *E. coahuilensis*, *S. tuberculata* y *S. verrucosum*. Por su parte, *S. nigricans* no tiene diferencias significativas con ninguno de los grupos

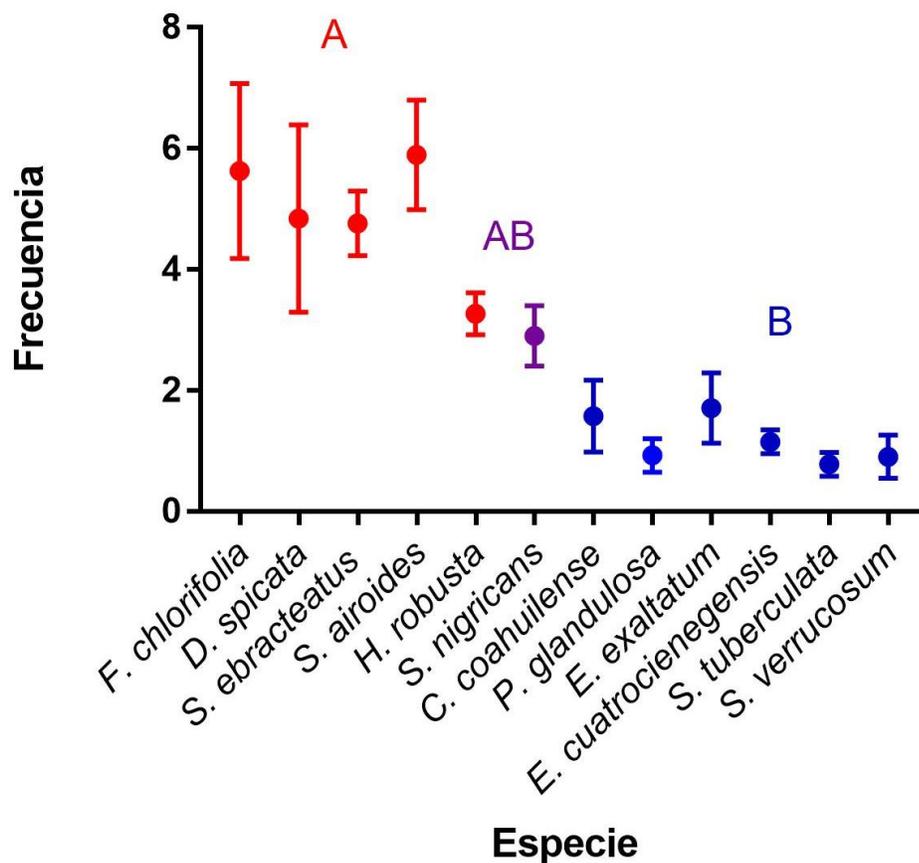


Figura 16. ANOVA de medidas repetidas de las frecuencias de las especies encontradas en las abras durante el periodo de estudio. Las letras diferentes corresponden a diferencias significativas.  $P < 0.0001$ ,  $F = 51.48$ .

Por otro lado, el análisis de varianza de medidas repetidas realizado con las coberturas de cada especie (fig. 17) permitió identificar grupos diferentes. El primer grupo está formado por las especies *F. chlorifolia*, *S. nigricans* y *S. airoides*, que son las especies con mayor cobertura, además de ser todas perennes.

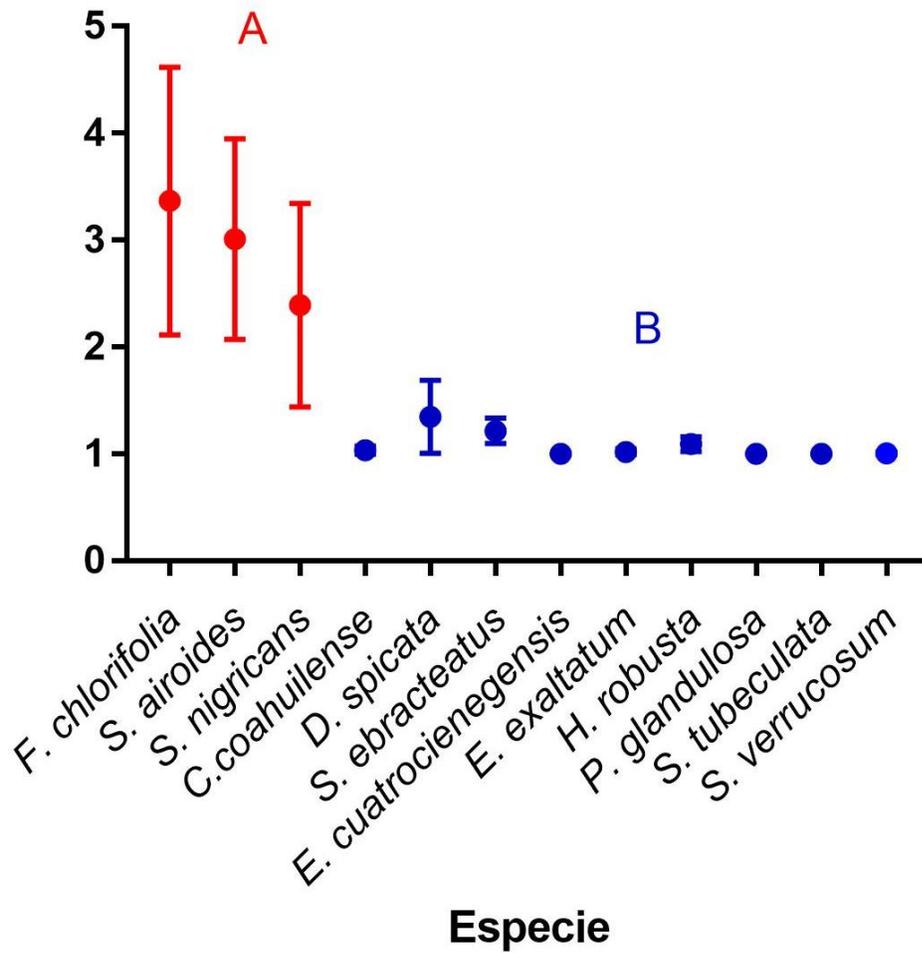


Figura 17. ANOVA de medidas repetidas de las coberturas de las especies encontradas en las abras durante el periodo de estudio. Las letras diferentes corresponden a diferencias significativas.  $P < 0.0001$ ,  $F = 19.47$ .

## 6. DISCUSIÓN

La pérdida de agua resultante de la alteración del sistema hidrológico ha tenido repercusiones muy relevantes. Entre éstas, se encuentra el profundo disturbio sufrido por sistema Churince, algunos de cuyos efectos fueron cuantificados en este trabajo. Entre las consecuencias del disturbio se encuentra la apertura de nuevos hábitats, que incluyen a las numerosas abras formadas a partir de 2003.

El comportamiento del conjunto de abras ha cambiado a lo largo del tiempo y actualmente es distinto al descrito en estudios previos (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014). La dinámica de las abras ha variado a lo largo del tiempo, y en el período de estudio abarcado en este trabajo se observaron diferencias con respecto a lo reportado por Rodríguez-Sánchez (2014). En este estudio hubo únicamente dos abras nuevas, mientras que, en 2012, cuando el río se acabó de secar, se registraron 28 (Rodríguez-Sánchez, 2014). Por su parte, Pisanty *et al.*, (2013) reportaron la formación de más de 40 abras nuevas entre 2008 y 2009. Igualmente, se observaron diferencias entre las abras que se fueron cerrando, que en este estudio no rebasaron el 20% en ningún censo, mientras que, en enero de 2012, debido a una tormenta de viento y arena, se registró el cierre de numerosas abras (50), de las cuales pocas se reabrieron. A lo largo de 9 años se registró un máximo de 217 de abras abiertas, mientras que en el periodo abarcado por este trabajo sólo se reportó un número máximo de 94 abras abiertas. Al iniciar este estudio sólo se consideraron, como número inicial, las abras que estaban abiertas en octubre de 2016 y fue a ellas a las que se les dio seguimiento, aunque se revisó que no hubiera reaperturas de abras anteriormente cerradas. Esto nos permitió identificar que desde que se inició el seguimiento de las abras en 2008, el número más bajo de abras abiertas y la menor tasa de reapertura corresponden al periodo abarcado en el presente estudio. La tendencia general es que el número de estas estructuras disminuya, como lo muestra el hecho de que en el periodo abarcado por este estudio se registraron menos que en todos los periodos anteriores (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014). Al no haber agua en el río, se suspende el flujo subsuperficial de la misma, con la que dispersión de los suelos se detiene al igual que la formación de las abras.

En este estudio se reportó el mayor porcentaje de abras sin vegetación de todo el periodo de observación de abras, ya que no se habían reportado porcentajes mayores al 10% de abras sin vegetación aún en los meses más fríos (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013;

Rodríguez-Sánchez, 2014). Esto se debe, al menos parcialmente, a la estacionalidad y lo extremo del clima de la zona, ya que en enero de 2017 se reportó un invierno muy crudo, con heladas, por lo que es probable que las plantas no resistieran a las condiciones. Puede también deberse al cambio en las condiciones de las abras, sobre todo en lo que disponibilidad de agua se refiere, lo cual sin duda llega a afectar la supervivencia y el crecimiento de las plantas que las han colonizado.

Sólo se registró agua en dos abras (2.1% del total de abras censadas), cada una en diferentes muestreos, lo cual representa el menor porcentaje de abras con agua registrado en el período de 10 años en el que se ha dado seguimiento a la dinámica de estas estructuras. En los periodos previos a este estudio, el número más alto de abras con agua fue 64 (50.7%) y se registró en enero de 2009 (Pérez y Sosa, 2009). En contraste, en 2012, con el río ya seco, el número más alto de abras con agua fue cuatro (3.4%) (Rodríguez-Sánchez, 2014). La tendencia a la desecación de las abras es evidente, y se debe a que al no haber agua en el río, no hay flujo subsuperficial que permita que el agua llegue a ellas.

La categoría de superficie mejor representada fue la 2 (0.003- 0.05m<sup>2</sup>), seguida de la 1, lo que es similar a los estudios hechos desde 2008. La mayoría de las abras que se encuentran en el sistema Churince tienen tamaños pequeños. Pérez y Sosa (2009) y Pisanty *et al.* (2013) reportaron, con base en proyecciones equivalentes a las presentadas en este estudio, que se esperaba un aumento en el tamaño de la mayoría de las abras, así que la categoría de mayor tamaño dominaría sobre las otras. Contrariamente, Rodríguez-Sánchez (2014) proyectó que las abras se irían haciendo cada vez más pequeñas hasta cerrarse por completo, de tal manera que la mayoría de las abras estarían cerradas o haciéndose progresivamente más pequeñas. En el presente estudio las proyecciones muestran que la mayoría de las abras serán pequeñas, pero se cerrarán menos de lo esperado en los modelos anteriores. Estas diferencias se deben, probablemente, a la estabilización del suelo al ya no haber agua que disperse sus partículas dentro de las abras, las partículas arrastradas por el viento se van acumulando. Es de esperarse que, como es común en la zona, se presenten eventos ocasionales de fuertes vientos que arrastren muchas partículas y que, en ellos, como sucedió en años anteriores (Rodríguez-Sánchez, 2014), haya numerosas abras que se cierren de forma definitiva.

En cuanto a la profundidad, en todos los censos predominó la categoría 1 (menos de 30 cm)

seguida de la categoría 2 (entre 31 y 45 cm), lo cual indica que, a lo largo del tiempo abarcado en este estudio, entre el 80 y 90% de las abras tuvieron menos de 45 cm de profundidad. Este resultado es similar al obtenido por Rodríguez-Sánchez en el 2014, pero las proyecciones previas no se cumplieron en el presente trabajo. El estudio de Rodríguez-Sánchez (2014) proyectó que la categoría 1 tendría una mayor cantidad de abras y terminaría con porcentajes de alrededor del 20%, por el contrario, en este estudio se muestra que las abras de la categoría 1 en todos los muestreos están por arriba del 50% y la proyección a futuro muestra que se mantendrán de esta manera. Las abras, así, se están haciendo cada vez menos profundas y es probable que esto conlleve su cierre.

La Figura 13 muestra que en la mayoría de los muestreos predominan las categorías de riqueza 0, 1 y 2, es decir, la mayoría de las abras no tiene más de dos especies coexistiendo. En 2009, Pérez y Sosa reportaron que las categorías intermedias de riqueza (2, 3 ó 4 especies) eran las que predominaban y la proyección apuntaba a que estas categorías iban a continuar predominando. Por otro lado, Rodríguez-Sánchez, (2014) reportó que la mayor cantidad de abras correspondía a las categorías 1 y 2, al igual que en este estudio. Sin embargo, las proyecciones realizadas por esta autora no se cumplieron, pues se esperaba que casi todas las abras presentaran 7 especies o más, y ocurrió lo contrario porque el número de especies en las abras ha disminuido al disminuir la disponibilidad de agua, lo que limita e incluso impide el establecimiento y la sobrevivencia de las especies hidrófilas como *S. ebractaeatus* var. *coahuilensis* y *S. nigricans*.

Como sucedió con la riqueza, al considerar la cobertura también se encontró una gran cantidad de abras en las categorías menores, mientras que en los trabajos previos se había proyectado que casi todas las abras serían colonizadas y tendrían vegetación, mientras que las abras sin vegetación tendrían porcentajes menores al 5%. En este estudio las proyecciones indican que las abras sin vegetación serán las que dominen el sitio a lo largo del tiempo, si las condiciones prevalecientes se mantienen. Es probable, sin embargo, que esta proyección esté sesgada por la baja riqueza registrada en enero de 2017, debida probablemente a las temperaturas bajas que se presentaron durante varios días, como ya se comentó anteriormente.

Se eligieron las proyecciones anuales promedio debido a que existen diferencias entre las proyecciones anuales y las proyecciones anuales promedio. Estas diferencias se deben

principalmente a la estacionalidad y a las variaciones extremas que tiene el sitio de estudio. Las proyecciones anuales nos permiten ver el panorama general, sin embargo, es necesario ver las proyecciones promedio para no perder información al solo utilizar los extremos del año de muestreo, de modo que todos los bimestres sean tomados en cuenta. En el caso de la superficie y la profundidad las proyecciones se estabilizan en poco tiempo y no son tan distintas a las condiciones iniciales de este estudio debido a la falta de agua en el sistema Churince y en las abras. Cuando los niveles de agua oscilaban, el tamaño de las abras resultaba ser más variable e impredecible, ya que podían formarse más abras nuevas y las existentes podrían presentar cambios de profundidad, de superficie y de cobertura, por ejemplo. Debido a que en este trabajo prácticamente no se registró la presencia de agua, las condiciones en el sistema ya no son tan variables, lo cual permite que los tamaños de las abras se mantengan más o menos constantes y los cambios sean paulatinos. Aun así, la estacionalidad juega un papel muy importante debido a que el viento y la precipitación también puede ocasionar cambios de tamaño. Es importante recalcar que en 2012, cuando se registró un gran número de abras cerradas, se debió a una intensa tormenta de arena causada por fuertes vientos. Este tipo de evento no es raro en el sitio de trabajo y nada impide que vuelva a presentarse. Esto es relevante debido a que las proyecciones se basan en el supuesto de que las condiciones se mantienen constantes.

En el caso de la riqueza y la cobertura, las proyecciones anuales y anuales promedio son muy distintas entre sí debido a que la marcada estacionalidad del sitio de estudio y el tipo de ciclo de vida de las especies juegan un papel muy importante para el establecimiento y el desarrollo de las plantas en las abras, y es por ello que también las proyecciones promedio nos brindan una visión más completa, debido a que las matrices que las generan son no negativas. La información proporcionada por la riqueza y la cobertura también es diferente entre el modelo anual y el anual promedio. La riqueza indica únicamente que un conjunto de especies es capaz de establecerse, mientras que el incremento progresivo de la cobertura indica que la planta encontró las condiciones necesarias para establecerse y desarrollarse exitosamente de acuerdo a su ciclo de vida, como se puede ver en la Figura 19, que muestra que la mayoría de las plantas que se establecen tienen coberturas muy pequeñas, mientras que *F. chlorifolia*, *S. airoides* y *S. nigricans* dan cuenta de la mayor parte de la cobertura en las abras. Cabe mencionar que *F. chlorifolia* pierde todo el tejido foliar durante la época fría, y al acabar el invierno rebrota a partir de meristemos que quedan activos en la base del tallo y,

ocasionalmente, en alguna rama (Rodríguez-Sánchez, 2014; Rodríguez-Sánchez *et al.*, en prensa). Finalmente, el grupo de las especies con menor cobertura está formado por *P. glandulosa*, *D. spicata*, *S. ebracteatus*, *E. exaltatum*, *E. coahuilense*, *H. robusta*, *S. tuberculata*, *S. verrucosum* y *E. cuatrocienegensis*. No es de extrañar que sean éstas las especies con menor cobertura, pues la primera, a pesar de que al llegar al estadio adulto es un árbol frondoso, en las abras no alcanza a desarrollarse en las abras. En el caso de las demás especies, todas herbáceas, se encuentran plantas perennes que no alcanzan grandes tamaños, como *D. spicata*, así como anuales de poca cobertura, como *H. robusta* (ver Tabla 6).

El comportamiento de la cobertura observado en este estudio difiere del obtenido en 2009 (Pisanty *et al.*, 2013), ya que la cobertura de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* era un mucho más importante de antes de que el río y las abras se secaran. Esta es una especie demandante de agua, al igual que *S. nigricans*, y ambas especies eran las que se encontraban más frecuentemente en las abras (Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014; Pisanty *et al.*, en prensa). Las condiciones actuales de desecación no permiten que las especies ribereñas más hidrófilas, como *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* y *S. nigricans*, puedan alcanzar grandes coberturas, o estar presentes en la mayoría de las abras. *S. nigricans* representa un porcentaje muy alto de la cobertura total, pero es importante recalcar que esto se debe a que alcanza valores altos de cobertura únicamente en las abras más grandes, donde al establecerse exitosamente forma grandes manchones continuos que le permiten cubrir una superficie total importante a pesar de que actualmente es una especie poco frecuente, es decir, se encuentra en pocas abras. Por el contrario, *D. spicata* no está reportada como especie ribereña ni hidrófila, sino como una halófila muy tolerante a la sal, y es actualmente de las más frecuentes, lo cual recalca la pérdida de agua en el sistema y el posible incremento en la concentración de sales. A pesar de ello, no alcanza valores muy altos de cobertura, sobre todo por su forma de crecimiento.

En cuanto a la composición de las plantas colonizadoras de las abras, Pérez y Sosa (2009), Pisanty *et al.* (2013) y Rodríguez-Sánchez (2014) encontraron 9 especies, que también se registraron en el presente trabajo. Sin embargo, en este estudio se encontraron cuatro especies más (*S. verrucosum*, *C. coahuilense*, *E. cuatrocienegensis* y *P. glandulosa*), lo cual aumenta la riqueza en el sistema, aunque en la mayoría de las abras es baja. Es de esperarse que conforme el tiempo pase se establezcan especies no registradas y dejen de presentarse

algunas de las que eran parte de la vegetación establecida en las abras. Es importante mencionar que estas cuatro nuevas especies encontradas en las abras tienen una frecuencia muy baja y también poca cobertura y, en el caso de *P. glandulosa*, solo se encontraron plántulas. Si las condiciones de desecación continúan es posible que esta especie, que además es arbórea, pueda extenderse en la zona de las abras, lo cual indicaría que el agua disponible ya sólo es profunda y no superficial. Por el contrario, si las condiciones se revirtieran y el sistema recuperara el agua, estas especies podrían desaparecer y el sistema conservaría únicamente las especies más hidrófilas, de raíces relativamente cortas, cuyas poblaciones se restablecerían a partir del banco de semillas y de la dispersión de las mismas a partir de sitios menos perturbados dentro del mismo valle.

Con respecto a la frecuencia de las especies en las abras, el ANOVA mostró dos grupos significativamente diferentes entre sí y uno intermedio. *S. nigricans* no tiene diferencias significativas con ninguno de los dos grupos, aunque, como ya se dijo, esta especie fue reportada como una de las más frecuentes en las abras por Pérez y Sosa (2009), Pisanty *et al.*, (2013) y Rodríguez-Sánchez (2014), ahora su frecuencia ha bajado y ya no se encuentra en el grupo de las más frecuentes, lo cual indica que la disponibilidad de agua ha disminuido.

En cuanto a la cobertura, el comportamiento es diferente con respecto a la frecuencia, pues aunque también hay dos grupos principales y uno intermedio, las especies que representan los grupos son distintas. Las especies del primer grupo (las que tienen mayor cobertura) son *F. chlorifolia*, *S. nigricans* y *S. airoides*. En estas tres especies se presentan altos valores de desviación estándar, ya que fue tomada la cobertura absoluta a lo largo de los muestreos, pero debido al comportamiento estacional, hubo meses en los que las plantas tenían muy poca cobertura. Para *S. nigricans* cabe destacar que, aunque se encuentra en el grupo de mayor cobertura, solo se encontró en las abras grandes a manera de grandes manchones, a diferencia de las otras dos especies del grupo, que sumaron cobertura al estar presentes en todas las abras. El otro grupo está formado por *E. coahuilense*, *S. ebractetus* var. *coahuilensis*, *E. exaltatum*, *H. robusta*, *P. glandulosa*, *S. tuberculata*, *C. coahuilense* y *S. verrucosum*, que son las especies que tienen menos cobertura y algunas de ellas solo se encontraron en pocas abras y no en cada censo. El grupo intermedio está formado por *D. spicata*, que es de las especies más frecuentes en las abras, sin embargo, tiene poca cobertura debido a su forma de crecimiento, ya que en general es un pasto pequeño. *S. ebracteatus* var. *coahuilensis*, se

había reportado como la especie con mayor cobertura en las abras por Pérez y Sosa (2009) y Pisanty *et al.*, (2013). Sin embargo, ahora la especie no se encuentra en condiciones tan favorables y las plantas son más pequeñas en comparación con cómo eran al inicio del estudio. La frecuencia indica la capacidad de establecimiento de las especies colonizadoras de las abras, mientras que la cobertura nos indica el desempeño de las plantas con las condiciones que cada abra brinda.

El seguimiento de la dinámica de las abras y su colonización ha permitido cuantificar uno de los efectos del disturbio que el sistema Churince en particular y el valle de Cuatrociénegas en general está sufriendo por la sobreexplotación de los recursos hídricos con fines agrícolas. Este estudio no deja lugar a duda sobre los efectos que la desecación del sistema Churince tienen.

El cambio en las composiciones de las abras a lo largo del tiempo, nos permite ver que las especies dominantes ya no son sólo ribereñas, lo que refleja la pérdida de agua en el sistema. Además, debe ser tomado como una alerta temprana de que el sistema puede desaparecer.

## 7. CONCLUSIONES

El número de abras abiertas ha disminuido notablemente a lo largo del tiempo y esto, debido a una alta tasa de cierre y una baja tasa de formación de abras nuevas, ha llevado a una disminución notable del número de abras, tendencia que es continua desde 2012.

Existe una tendencia general a que predominen las abras pertenecientes a las categorías más pequeñas y las proyecciones indican que la mayoría de las abras disminuirán su tamaño, probablemente como parte del proceso que las lleva a cerrarse.

Las especies se comportan de manera estacional, de modo que sus coberturas y frecuencias disminuyen en la época fría y se recuperan en la cálida.

Se identificaron 12 especies en las abras, pero no todas coinciden en una misma. *F. chlorifolia*, *D. spicata*, *S. ebracteatus* var. *coahuilensis*, *S. airoides* y *H. robusta* son las especies más frecuentes, mientras que *F. chlorifolia*, *D. spicata* *S. nigricans* son las que tienen coberturas más importantes.

A pesar de que la riqueza del sistema de abras ha aumentado, la de cada abra ha disminuido con el tiempo, hasta el punto en el que dominan las abras con el menor número de especies (1 ó 2).

Las especies dominantes en las abras han cambiado a lo largo del tiempo y ya no son únicamente hidrófilas como las que se establecían en un inicio, sino plantas un poco más generalistas que no demandan tanta agua. Sin embargo, a pesar del establecimiento de especies no ribereñas como *S. airoides* y *P. glandulosa*, la mayoría de las especies que crecen en las abras siguen siendo ribereñas.

Las abras emulan de alguna manera las condiciones del hábitat original de las especies ribereñas, que ha desaparecido, y les permiten establecerse, representando un refugio para

ellas, aunque cabe aclarar que la pérdida de agua las vuelve progresivamente inhóspitas para estas especies.

La presencia de abras con agua era un indicador de que ésta estaba disminuyendo en los cuerpos superficiales, sin embargo, la actual presencia de abras sin agua indica que el agua del sistema se encuentra en un nivel crítico y las consecuencias han llevado al sistema y a la zona circundante a una perturbación aparentemente irreversible.

## 8. Literatura citada

- Amarasekare, P. y Possingham, H. (2001). Patch dynamics and metapopulation theory: the case of successional species, *Journal of Theoretical Biology*, 209 (3): 333-344.
- Battisti, C., Poeta, G., y Fanelli, G., (2016). The concept of disturbance. En: *An Introduction to Disturbance Ecology* (pp. 7–13). Springer International Publishing.
- Beddows, P., Blanchon, P., Escobar, E. y Torres, O. (2007). Los cenotes de la península de Yucatán. *Arqueología Mexicana*, (83):32-35.
- Caswell, H. (2001). *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. Ed. Siunauer. Massachusetts, EUA. 722 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 48. Cuatro Ciénegas. Consultado el 10 junio 2018 en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_048.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_048.html)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2017) .La biodiversidad de Coahuila. Estudio de estado, vol. I. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México.
- Contreras-Espinosa, F. y Warner, B. G. (2004). Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia*, 511: 233–245.
- Cowardin L.M., Carter V., Golet F.C., LaRoe E.T. (1979). *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. U.S. Fish & Wildlife Service Pub. FWS/OBS-79/31, Washington, DC.
- de la Maza-Benignos, M., Lozano-Vilano M. y Carson, E. (2014). *Conservación de Humedales Desérticos y su Biota, vol 1*. Publicaciones Especiales. Museum of Southwestern Biology/Pronatura Noreste/Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Espinosa L., Escalante A., Eguiarte L., Souza V. (2005). El mar en el desierto y su importancia para la conservación. Conabio. *Biodiversitas* 58:7–11.
- Hendrickson, D. y Minckley, W. (1985). *Ciénegas, vanishing climax communities of the American Southwest*. Primera ed. Superior, Ariz.: University of Arizona at the Boyce Thompson Southwestern Arboretum.
- Instituto Mexicano de Tecnología del agua. (2005). *Estudio Hidrogeológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Coahula*. Consultado el 11 de febrero de 2019 en: [http://www.desertfishes.org/cuatroc/literature/pdf/IMTA\\_2005\\_Hidrogeologia\\_Hundido\\_](http://www.desertfishes.org/cuatroc/literature/pdf/IMTA_2005_Hidrogeologia_Hundido_)

Cuatrociénegas.pdf

- Instituto Nacional de Ecología (INE). (1999). *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas*. INE-SEMARNAT. México, D.F., México. 166 pp.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2011). *Análisis de la Variación del Nivel de los Principales cuerpos de agua de Cuatrociénegas*. Consultado el 20 de marzo en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/analisis-de-la-variacion-del-nivel-de-los-principales-cuerpos-de-agua-de-cuatrociénegas>
- Karst Waters Institute, (2014). *What is karst? And why is it important?* Karstwaters.org. Recuperado 4 marzo 2017, a partir de <http://karstwaters.org/educational-resources/what-is-karst-and-why-is-it-important/>
- Keddy, P. A. (2002). *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. 1a. ed. Cambridge University Press. New York, United States of America. 497 pp.
- Lemos, J.A., Rojas, R. I. y Zúñiga, J. J. (2005). *Técnicas para el Estudio de Poblaciones de Fauna Silvestre*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- MacArthur, R.H. and Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton, NJ. Princeton University Press. 203p.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute.
- Norman, L., Villarreal, M., Pulliam, H. R., Minckley, R., Gass, L., Tolle, C. y Coe, M. (2014). *Remote sensing analysis of riparian vegetation response to desert marsh restoration in the Mexican Highlands*. *Ecological Engineering* 70: 241–254.
- Pérez y Sosa M. C. (2009) *Dinámica de la colonización de hundimientos diferenciales (abras) en el Sistema Churince del valle de Cuatrociénegas, Coahuila*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México
- Pinkava D. (1984). *Vegetation and flora of the Bolson of Cuatro Ciénegas region Coahuila, México: IV. Summary, endemism and corrected catalogue*. *Journal of the Arizona Nevada Academy of Science*. 19:23-47
- Pisanty, I., Pérez y Sosa C. y Gálvez G. (2013). Agriculture, water mismanagement and ecosystem transformations in the Cuatrociénegas Valley in the Chihuahuan Desert, Mexico. En: Schwabe, K., Albiac, J., Connor, J. D., Hassan, R. M. and Meza-González, L. (Eds.). *Drought in Arid and Semi-Arid Regions, A Multi-Disciplinary and Cross-Country Perspective*. Springer, Holanda. 507 pp.

- Rapport, D.J., y W.G. Whitford. (1999). How ecosystems respond to stress. *Bioscience* 49: 193-203.
- Rodríguez Sánchez, M. (2014). *Análisis de la Dinámica de los Hundimientos Diferenciales en el Sistema Churince en Cuatrociénegas, Coahuila*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- SCR, Secretaría de la Convención de Ramsar (2010). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales* (Ramsar, Irán, 1971). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Souza, V. Escalante, A., Espinoza, L., Valera, A. (2004). Cuatrociénegas un laboratorio natural de astrobiología. *Ciencias*. No. 75. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. pp. 4-12.
- Sousa, W. (1984). The Role of Disturbance in Natural Communities. *Annual Review of Ecology And Systematics*, 15(1), 353-391.
- Unmack, Peter & Minckley, W.L. (2008). The demise of desert springs. *Aridland springs in North America: ecology and conservation*. 11-34.
- US Fish and Wildlife Service, y Cowardin, L. M. (1979). Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Washington, DC: Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior. P 131.
- US.-Mexico Border Field Coordinating Committee. (1997). Water-resources Issues in the Mexican Highlands Subarea. (The Committee, Ed.).
- Vega, E. y Peters, E. (2003). Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. En: Sánchez, O.; Vega, E.; Peters, E. y Monroy-Vichis, M. (eds.). *Conservación de Ecosistemas de Montaña en México*. México. Instituto Nacional de Ecología. México
- Villareal Quintanillas y Encina Dominguez. (2018) Plantas endémicas y listadas en categorías de protección. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. México, pp. 199-205. Consultado el 23 de agosto de 2019 en:
- [https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Tomo%202%20EE\\_Coahuila%20WEB\\_CLOSE.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Tomo%202%20EE_Coahuila%20WEB_CLOSE.pdf)
- White, P. S., and A. Jentsch. (2001). The search for generality on studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany*, 62:399–450.

White P. S., Pickett S. T. A. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: an introduction.  
En: Pickett S. T. A., White P. S. (eds) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press Inc., Orlando, pp 3–13

Zar J. H. (2010). *Biostatistical analysis*. Pearson Education, USA. 435 pp.

ANEXO I.

Matrices bimestrales, anuales y promedio

Superficie

| Oct-nov |    |    |   |   |   |   |
|---------|----|----|---|---|---|---|
|         | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | c |
| 1       | 17 | 6  | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2       | 6  | 24 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| 3       | 1  | 4  | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 4       | 1  | 0  | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5       | 1  | 0  | 0 | 1 | 7 | 1 |
| c       | 4  | 3  | 1 | 1 | 5 | 0 |

| Nov- ene |    |    |   |   |   |    |
|----------|----|----|---|---|---|----|
|          | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | c  |
| 1        | 16 | 6  | 1 | 0 | 1 | 0  |
| 2        | 2  | 27 | 4 | 0 | 3 | 3  |
| 3        | 2  | 3  | 4 | 0 | 1 | 0  |
| 4        | 1  | 0  | 0 | 1 | 0 | 0  |
| 5        | 0  | 0  | 0 | 0 | 4 | 0  |
| c        | 2  | 1  | 0 | 1 | 0 | 11 |

| Ene-abr |    |    |   |   |   |    |
|---------|----|----|---|---|---|----|
|         | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | c  |
| 1       | 17 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2       | 6  | 26 | 2 | 0 | 1 | 4  |
| 3       | 0  | 6  | 6 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 0  | 0  | 1 | 1 | 0 | 1  |
| 5       | 0  | 2  | 1 | 1 | 3 | 0  |
| c       | 2  | 4  | 0 | 0 | 0 | 10 |

| Abr-jun |    |    |   |   |   |    |
|---------|----|----|---|---|---|----|
|         | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | c  |
| 1       | 14 | 1  | 0 | 0 | 1 | 2  |
| 2       | 3  | 21 | 2 | 0 | 0 | 0  |
| 3       | 0  | 9  | 8 | 0 | 0 | 3  |
| 4       | 1  | 0  | 2 | 0 | 0 | 0  |
| 5       | 0  | 1  | 0 | 1 | 6 | 1  |
| c       | 1  | 7  | 0 | 2 | 0 | 10 |

| Jun-ago |    |    |    |   |   |    |
|---------|----|----|----|---|---|----|
|         | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | c  |
| 1       | 11 | 3  | 0  | 1 | 0 | 0  |
| 2       | 4  | 13 | 4  | 0 | 0 | 3  |
| 3       | 0  | 7  | 13 | 0 | 2 | 1  |
| 4       | 0  | 1  | 1  | 2 | 0 | 0  |
| 5       | 0  | 1  | 0  | 0 | 4 | 1  |
| c       | 2  | 2  | 2  | 0 | 3 | 14 |

| Ago-sep |    |    |    |   |   |    |
|---------|----|----|----|---|---|----|
|         | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | c  |
| 1       | 11 | 3  | 0  | 4 | 0 | 1  |
| 2       | 3  | 15 | 7  | 1 | 0 | 4  |
| 3       | 0  | 4  | 14 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 1  | 0  | 0  | 2 | 0 | 0  |
| 5       | 0  | 1  | 1  | 0 | 6 | 3  |
| c       | 0  | 1  | 1  | 0 | 0 | 15 |

| Anual |    |    |   |   |   |   |
|-------|----|----|---|---|---|---|
|       | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | c |
| 1     | 13 | 1  | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 2     | 6  | 17 | 6 | 1 | 0 | 0 |
| 3     | 3  | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 4     | 1  | 0  | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5     | 1  | 0  | 0 | 2 | 8 | 1 |
| c     | 6  | 5  | 0 | 1 | 5 | 0 |

| Anual Promedio |          |          |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | c        |
| 1              | 0.579936 | 0.090868 | 0.02886  | 0.14966  | 0.04727  | 0.131211 |
| 2              | 0.160021 | 0.52476  | 0.278832 | 0.020408 | 0.083333 | 0.116109 |
| 3              | 0.017184 | 0.142269 | 0.450232 | 0.061224 | 0.047619 | 0.034305 |
| 4              | 0.028016 | 0.005291 | 0.045238 | 0.29932  | 0        | 0.009524 |
| 5              | 0.004762 | 0.022049 | 0.020497 | 0.139456 | 0.576356 | 0.070795 |
| c              | 0.067224 | 0.071905 | 0.033484 | 0.187075 | 0.102564 | 0.4952   |

## Profundidad

| Oct-nov |   |    |    |   |   |   |   |   |
|---------|---|----|----|---|---|---|---|---|
|         | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | c |   |
| 1       | 0 | 1  | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2       | 0 | 28 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 3       | 0 | 9  | 8  | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4       | 0 | 0  | 5  | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5       | 0 | 0  | 1  | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6       | 0 | 0  | 0  | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| c       | 2 | 11 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Nov-ene |   |    |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|----|---|---|---|---|---|----|
|         | 1 | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | c |    |
| 1       | 1 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2       | 0 | 32 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3  |
| 3       | 0 | 7  | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 0 | 0  | 3 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0  |
| 5       | 0 | 0  | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 6       | 0 | 0  | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0  |
| c       | 1 | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |

| Ene-abr |   |    |    |   |   |   |   |    |
|---------|---|----|----|---|---|---|---|----|
|         | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | c |    |
| 1       | 0 | 5  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2       | 2 | 28 | 4  | 2 | 0 | 0 | 0 | 4  |
| 3       | 0 | 6  | 11 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 0 | 0  | 1  | 3 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| 5       | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 6       | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 3 | 0 | 0  |
| c       | 0 | 5  | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |

| Abr-jun |   |    |    |   |   |   |   |    |
|---------|---|----|----|---|---|---|---|----|
|         | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | c |    |
| 1       | 1 | 3  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2       | 3 | 22 | 7  | 0 | 0 | 0 | 0 | 5  |
| 3       | 1 | 7  | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 0 | 0  | 5  | 7 | 1 | 1 | 1 | 1  |
| 5       | 0 | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 6       | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 2 | 0 | 0  |
| c       | 7 | 1  | 1  | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 |

| Jun-ago |   |    |   |   |   |   |    |
|---------|---|----|---|---|---|---|----|
|         | 1 | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | c  |
| 1       | 1 | 1  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  |
| 2       | 3 | 23 | 7 | 1 | 1 | 0 | 4  |
| 3       | 0 | 5  | 8 | 6 | 0 | 0 | 0  |
| 4       | 0 | 0  | 2 | 4 | 0 | 0 | 0  |
| 5       | 0 | 0  | 0 | 2 | 0 | 0 | 0  |
| 6       | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  |
| c       | 8 | 0  | 0 | 1 | 0 | 0 | 14 |

| Ago-sep |   |    |    |   |   |   |    |
|---------|---|----|----|---|---|---|----|
|         | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | c  |
| 1       | 2 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2       | 1 | 32 | 10 | 1 | 1 | 0 | 6  |
| 3       | 1 | 5  | 9  | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 4       | 0 | 0  | 0  | 4 | 0 | 0 | 1  |
| 5       | 0 | 0  | 0  | 0 | 1 | 0 | 0  |
| 6       | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 2 | 0  |
| c       | 0 | 2  | 0  | 0 | 0 | 0 | 15 |

| Anual |   |    |    |   |   |   |   |
|-------|---|----|----|---|---|---|---|
|       | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | c |
| 1     | 1 | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2     | 0 | 28 | 19 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 3     | 0 | 5  | 8  | 4 | 0 | 0 | 1 |
| 4     | 0 | 1  | 1  | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 5     | 0 | 0  | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6     | 0 | 0  | 0  | 0 | 1 | 2 | 0 |
| c     | 1 | 14 | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Anual Promedio |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | c        |
| 1              | 0.194444 | 0.04667  | 0.014815 | 0        | 0        | 0        | 0.008772 |
| 2              | 0.291667 | 0.702109 | 0.386919 | 0.150289 | 0.25     | 0        | 0.321919 |
| 3              | 0.055556 | 0.164888 | 0.452773 | 0.244661 | 0.166667 | 0        | 0.007246 |
| 4              | 0        | 0        | 0.117332 | 0.51517  | 0.333333 | 0.186111 | 0.08433  |
| 5              | 0        | 0.004902 | 0.005556 | 0.057143 | 0.083333 | 0.033333 | 0        |
| 6              | 0        | 0        | 0        | 0        | 0.166667 | 0.780556 | 0        |
| c              | 0.458333 | 0.081431 | 0.022606 | 0.032738 | 0        | 0        | 0.577733 |

## Riqueza

| Oct-nov |   |    |   |   |   |   |
|---------|---|----|---|---|---|---|
|         | 0 | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 9 | 2  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 1       | 3 | 17 | 9 | 1 | 0 | 0 |
| 2       | 0 | 4  | 5 | 4 | 0 | 1 |
| 3       | 0 | 3  | 3 | 7 | 2 | 0 |
| 4       | 0 | 0  | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 5       | 0 | 0  | 1 | 1 | 0 | 0 |

| Nov-ene |    |    |   |   |   |   |
|---------|----|----|---|---|---|---|
|         | 0  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 11 | 15 | 2 | 4 | 0 | 1 |
| 1       | 2  | 15 | 6 | 5 | 1 | 0 |
| 2       | 0  | 0  | 3 | 2 | 4 | 0 |
| 3       | 0  | 0  | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 4       | 0  | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5       | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Ene-abr |    |    |   |   |   |   |
|---------|----|----|---|---|---|---|
|         | 0  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 19 | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1       | 10 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2       | 2  | 7  | 5 | 1 | 1 | 0 |
| 3       | 1  | 3  | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 4       | 0  | 1  | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 5       | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Abr-jun |    |    |   |   |   |   |
|---------|----|----|---|---|---|---|
|         | 0  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 14 | 2  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1       | 7  | 16 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 2       | 0  | 5  | 6 | 2 | 1 | 0 |
| 3       | 0  | 1  | 5 | 2 | 1 | 0 |
| 4       | 0  | 0  | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5       | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Jun-ago |    |    |   |   |   |   |
|---------|----|----|---|---|---|---|
|         | 0  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 11 | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1       | 6  | 17 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2       | 0  | 3  | 7 | 4 | 0 | 0 |
| 3       | 0  | 2  | 3 | 4 | 0 | 1 |
| 4       | 0  | 0  | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5       | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Ago-sep |   |    |   |   |   |   |
|---------|---|----|---|---|---|---|
|         | 0 | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0       | 7 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1       | 4 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 2       | 3 | 8  | 8 | 2 | 0 | 0 |
| 3       | 0 | 3  | 3 | 6 | 0 | 0 |
| 4       | 0 | 1  | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 5       | 0 | 1  | 0 | 1 | 0 | 2 |

| Anual |   |    |    |   |   |   |
|-------|---|----|----|---|---|---|
|       | 0 | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 |
| 0     | 6 | 3  | 0  | 0 | 0 | 0 |
| 1     | 4 | 10 | 6  | 1 | 0 | 0 |
| 2     | 3 | 7  | 11 | 4 | 1 | 0 |
| 3     | 0 | 4  | 3  | 3 | 3 | 0 |
| 4     | 0 | 1  | 2  | 3 | 0 | 1 |
| 5     | 0 | 0  | 0  | 1 | 2 | 1 |

| Anual Promedio |          |          |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                | 0        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
| 0              | 0.566812 | 0.127338 | 0.05034  | 0.047619 | 0        | 0.071429 |
| 1              | 0.23839  | 0.497428 | 0.205442 | 0.092857 | 0.028571 | 0        |
| 2              | 0.039541 | 0.149876 | 0.358163 | 0.249206 | 0.304762 | 0.071429 |
| 3              | 0.004464 | 0.066221 | 0.197619 | 0.323016 | 0.119048 | 0.071429 |
| 4              | 0        | 0.010786 | 0.038776 | 0.120635 | 0.404762 | 0.071429 |
| 5              | 0.007937 | 0.005495 | 0.006803 | 0.02381  | 0        | 0.571429 |

## Cobertura

| Oct-nov |    |   |   |   |   |   |   |  |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|--|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
| 1       | 15 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 |  |
| 2       | 0  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| 3       | 0  | 0 | 5 | 4 | 3 | 1 | 0 |  |
| 4       | 0  | 0 | 3 | 7 | 2 | 2 | 4 |  |
| 5       | 1  | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 |  |
| 6       | 1  | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 |  |
| 7       | 1  | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 |  |

| Nov-ene |    |   |   |   |   |   |   |  |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|--|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
| 1       | 19 | 1 | 7 | 5 | 4 | 2 | 4 |  |
| 2       | 2  | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |  |
| 3       | 2  | 0 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 |  |
| 4       | 1  | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 1 |  |
| 5       | 0  | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |  |
| 6       | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| 7       | 0  | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |  |

| Ene-abr |    |   |   |   |   |   |   |  |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|--|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
| 1       | 29 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |  |
| 2       | 1  | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |
| 3       | 3  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |
| 4       | 6  | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 |  |
| 5       | 1  | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |  |
| 6       | 0  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |  |
| 7       | 1  | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 |  |

| Abr-jun |    |   |   |   |   |   |   |  |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|--|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |
| 1       | 21 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |  |
| 2       | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| 3       | 0  | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 |  |
| 4       | 4  | 1 | 2 | 5 | 4 | 2 | 0 |  |
| 5       | 3  | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |  |
| 6       | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |  |
| 7       | 1  | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |  |

| Jun-ago |    |   |   |   |   |   |   |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1       | 19 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 |
| 2       | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3       | 3  | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 4       | 2  | 0 | 2 | 6 | 0 | 2 | 0 |
| 5       | 1  | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| 6       | 1  | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 7       | 3  | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 |

| Ago-sep |    |   |   |   |   |   |   |
|---------|----|---|---|---|---|---|---|
|         | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1       | 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2       | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3       | 3  | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 4       | 1  | 1 | 1 | 8 | 1 | 2 | 3 |
| 5       | 1  | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 |
| 6       | 1  | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 7       | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |

| Anual |    |   |   |   |   |   |   |
|-------|----|---|---|---|---|---|---|
|       | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1     | 11 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 2     | 0  | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3     | 2  | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 3 |
| 4     | 0  | 0 | 2 | 7 | 4 | 1 | 1 |
| 5     | 1  | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 6     | 1  | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 7     | 1  | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 |

| Anual Promedio |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |
| 1              | 0.616731 | 0.492857 | 0.125167 | 0.149017 | 0.147959 | 0.080952 | 0.230839 |
| 2              | 0.025442 | 0.057143 | 0.035881 | 0.030844 | 0.015873 | 0        | 0        |
| 3              | 0.053009 | 0.071429 | 0.319121 | 0.118104 | 0.089853 | 0.147619 | 0.072562 |
| 4              | 0.061049 | 0.235714 | 0.200199 | 0.314142 | 0.343254 | 0.504762 | 0.141837 |
| 5              | 0.035924 | 0        | 0.068194 | 0.121567 | 0.136621 | 0        | 0.07619  |
| 6              | 0.018154 | 0        | 0.010989 | 0.035961 | 0.075964 | 0.02381  | 0.102381 |
| 7              | 0.046834 | 0        | 0.097593 | 0.087507 | 0.047619 | 0.1      | 0.233333 |