

Tesis defendida por  
Jorge Armando Montiel Molina  
y aprobada por el siguiente Comité:

---

Dr. Horacio de Jesús de la Cueva Salcedo  
Director de Tesis

---

Dra. María del Pilar Sánchez Saavedra  
Miembro del Comité

---

Dr. Stephen Holmes Bullock Runquist  
Miembro del Comité

---

Dra. Rufina Hernández Martínez  
Coordinadora del Posgrado en  
Ciencias de la Vida

---

Dr. David Hilario Cobarrubias Rosales  
Director de la Dirección de  
Estudios de Posgrado

28 de febrero de 2013

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN  
SUPERIOR DE ENSENADA**



Programa de posgrado en Ciencias de la Vida con orientación en Biología  
Ambiental

---

Distribución de flora rara y endémica de charcas vernaless en relación a las  
propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tesis  
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias

Presenta:  
Jorge Armando Montiel Molina

Ensenada, Baja California, México, 2013

Resumen de la tesis de Jorge Armando Montiel Molina, presentada como requisito parcial para la obtención del grado Maestro en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental.

Distribución de flora endémica y rara de charcas vernaes en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Resumen aprobado por:

---

Dr. Horacio de Jesús de la Cueva Salcedo  
Director de Tesis

Las charcas vernaes son humedales temporales resultado de la inundación de depresiones (vasos) de poca profundidad, cuando la temperatura es apropiada para el crecimiento de vegetación que ha evolucionado y adaptado a las condiciones muy específicas de estas charcas. La destrucción de estos ecosistemas en Baja California es inminente a causa del desarrollo agrícola y urbano. Información sobre la biología de las charcas vernaes es casi nula en México, sin embargo existen algunos reportes sin impacto para nuestro país, sobre la flora endémica y rara de estos ecosistemas. Se buscó y compiló información sobre once especies florísticas raras y endémicas de charcas vernaes, se determinó parte de su distribución en el Noroeste de Baja California, México en la temporada 2011-2012; se analizaron algunas propiedades fisicoquímicas básicas del suelo de las charcas: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica y Nutrientes; se estudió la relación entre la distribución de nueve especies y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se obtuvieron muestras de cuatro localidades: mesa de Jesús María, Valle de las Palmas, Valle de Guadalupe y Colonet. Se determinó que para la región mediterránea de Baja California, las especies florísticas raras y endémicas son: *Centromadia perennis*, *Deschampsia dantonoides*, *Eryngium aristulatum* var. *parishii*, *Myosurus minimus* ssp. *apus*, *Navarretia fossalis*, *Orcuttia californica*, *Pogogyne* sp. (en Valle de las Palmas), *Plagiobothrys bracteatus* y *P. leptocladus*. Datos históricos y los obtenidos en este estudio sugieren diferencias entre las localidades costeras e interiores, de acuerdo a la composición de especies raras y endémicas, con necesidad de mayor estudio de otras localidades. Apoyándonos con estudios anteriores *C. perennis* y *Pogogyne* sp. nov. presentaron una distribución altamente restringida. Se determinó que no existe una correlación directa entre la distribución de especies y las propiedades del suelo, por lo que se sugiere mayor atención a la biología de cada especie y aspectos históricos del hábitat.

Palabras clave: **Región Mediterránea de Baja California, plantas de distribución restringida, ecosistemas amenazados, humedales, terrazas costeras, valles aluviales.**

Abstract of the thesis presented by Jorge Armando Montiel Molina as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in life science with orientation in environmental biology.

Vernal pool rare and endemic flora distribution and its relationship with physico-chemical soil properties.

Abstract approved by:

---

PhD. Horacio de Jesús de la Cueva Salcedo  
Thesis advisor

Vernal pools are temporary wetlands result of the flooding of shallow basins when temperature is sufficiently warm for the growth of vegetation that has adapted and evolved under these specific conditions. The destruction of these ecosystems in Baja California is imminent, mostly by land development. Protection and conservation in Mexico is difficult because there is scarce information about their biology, although there is some foreign information without impact in our country, about their rare and endemic plants. We compiled information and search for eleven vernal pool's endemic and rare flora in Northwestern Baja California, Mexico, studied their actual occurrence and the distribution of nine plant species and their relation with physico-chemical soil properties: pH, Cation Capacity Interchange, Electric Conductivity, Organic Matter and Nutrients. We sampled four areas: Mesa de Jesús María, Valle de las Palmas, Valle de Guadalupe, and Colón. For the entire region, the rare and endemics are: *Centromadia perennis*, *Deschampsia dantonoides*, *Eryngium aristulatum* var. *parishii*, *Myosurus minimus* ssp. *apus*, *Navarretia fossalis*, *Orcuttia californica*, *Pogogyne* sp. (in Valle de las Palmas), *Plagiobothrys bracteatus*, and *P. leptocladus*. Historical data and those obtained in this study suggest differences between coastal and inland localities, according to the composition of rare and endemic species, in need of further study of other localities. Relying previous studies *C. perennis* and *Pogogyne* sp. *nov.* showed a highly restricted distribution. It was determined that there is no direct correlation between the distribution of species and soil properties, so we suggest more attention to the biology of each species and habitat historical aspects.

**Keywords: Baja California Mediterranean Region, plants with restricted distribution, endangered ecosystems, wetlands, coastal terraces, alluvial valleys.**

*...a la madre Tierra  
quien me otorga sustento,  
a Falgery, Marlosti, Irene y Armando  
quienes son parte de mi.*

## **Agradecimientos**

Al CONACYT por proporcionarme una beca de posgrado para realizar mis estudios de maestría fuera de mi ciudad natal y al CICESE por aceptarme y ofrecerme un sitio para estudiar, tener ideas y contribuir a la sociedad mexicana.

A fundación Jiji que me apoyó con fondos para la realización de este proyecto de maestría.

Al Dr. Horacio de la Cueva, quien fue el enlace entre las charcas vernaes y yo, a demás de ofrecerme su asesoría para llevar a cabo este proyecto.

Al Dr. Steve Bullock y la Dra. Pilar Sánchez por contribuir, interesarse y compartir ideas para enriquecer este proyecto.

Al equipo de Terra Peninsular, quienes apoyaron al facilitar material, vehiculos y demás servicios.

A Sula Vanderplank quien fungió como un miembro extra de mi comité de tesis y se convirtió en una mentora única, este trabajo no se hubiera realizado sin sus consejos, super ideas y enseñanzas.

A Matt Guilliams quien compartió información, tiempo y recursos para la exploración de las charcas vernaes y su flora.

A James Riley un amigo exepcional, compañero de viajes y patrocinador, con quien aprendí sobre las plantas del matorral costero rosetófilo.

A mis buenos amigos Armando (insecto) quén me dió hogar, Edgar (el llama), ese mi Yorch, Linda (suavecita), Cesar (nativos) quienes contribuyeron de manera directa a la realización de este estudio.

## Contenido

Resumen en español.....	II
Resumen en inglés.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Listado de Figuras.....	VIII
Listado de Tablas.....	IX
1.Introducción.....	1
1.1 Generalidades de las charcas vernales.....	1
1.2 Flora de charcas vernales.....	2
1.3 Charcas vernales de Baja California.....	3
1.4 Factores relacionados con la composición de flora de charcas vernales.....	6
1.5 Fertilidad del suelo.....	7
1.6 Pérdida de las charcas vernales.....	9
2.Objetivos.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos particulares.....	12
3.Hipótesis.....	13
4.Materiales y Métodos.....	14
4.1 Zona de estudio.....	14
4.2 Localización de Charcas Vernales.....	18
4.3 Monitoreo de flora.....	21
4.4 Análisis de suelo.....	23
4.5 Análisis de datos.....	25
4.5.1 Riqueza de especies.....	25
4.5.2 Análisis de similitud.....	26
4.5.3 Caracterización del suelo.....	27
4.5.4 Asociación de variables.....	29
5.Resultados.....	30
5.1 Localización de las charcas vernales.....	30
5.2 Especies de flora rara y endémica.....	32
5.3 Distribución de los taxa.....	35
5.4 Riqueza y similitud entre localidades.....	39
5.5 Propiedades fisicoquímicas del suelo.....	42
5.6 Relación flora-suelo.....	47
6.Discusión.....	50
6.1 Localización de charcas vernales.....	50

6.2 Ocurrencia de especies raras y endémicas.....	50
6.3 Distribución de las especies.....	52
6.4 Riqueza de especies raras y endémicas.....	56
6.5 Propiedades del suelo.....	58
6.6 Relación flora-suelo.....	59
7.Conclusiones.....	60
Referencias bibliográficas.....	61



## Listado de figuras

Figura 1. Precipitación media anual para la península, enfatizando la porción mediterránea en el noroeste de Baja California. (SEMARNAT, 2011)	15
Figura 2. Temperatura media anual de la península, enfatizando la porción mediterránea en el noreste de Baja California. (SEMARNAT, 2011)	16
Figura 3. Pronóstico de precipitación para el noreste de Baja California de acuerdo con los modelos CICESE-1 y CICESE-2. Comparación de la precipitación observada (línea roja), rango del pronóstico (línea punteada verde) y promedio de precipitación (barras azules). (CICESE, 2011)	17
Figura 4. Localidades del noreste de Baja California con existencia de Charcas vernaes (triángulos amarillos) en el periodo 2011-2012.	18
Figura 5. Imagen satelital de la mesa de Jesús María, Tijuana; se observan múltiples circunferencias las que se interpretan como charcas vernaes con un diámetro aproximado a 7 m; al norte remarcado en azul, una charca vernal de aproximadamente 40 m de diámetro (Google Earth™, 2012).	20
Figura 6. Ubicación de los sitios de muestreo de suelo del INEGI (COL 170, COL 171, COL 172, COL 177, COL 176, VDGPE02, Escénica01) que no pertenece a charcas vernaes (círculos amarillos).	28
Figura 7. Dendograma del análisis por clúster de las localidades Colonet (COL), Jesús María (JM.) Valle de las Palmas (VDP), y Valle de Guadalupe (VDGPE) en base a especies raras y endémicas presentes. La línea es la división arbitraria que define a los grupos.	40
Figura 8. Dendograma del análisis por clúster de las localidades Colonet (COL), Jesús María (JM.) Valle de las Palmas (VDP) y Valle de Guadalupe (VDGPE), San Diego (SnD) y Otay en base a especies raras y endémicas presentes. La línea es la división arbitraria que define a los grupos.	41
Figura 9. Diagrama de dispersión de especies raras y endémicas de la región mediterránea de Baja California con respecto a los ejes significativos del PCA.	48
Figura 10. Gráfico donde se muestran a los componentes significativos de acuerdo al modelo de bastón roto para en el PCA. Los componentes significativos se muestran por encima de la curva.	49

## Listado de tablas

Tabla 1. Clasificación de la flora de charcas vernaes con respecto a su distribución y endemismo de acuerdo con Zedler (1987), Bauder y McMillan (1998) y Keeley y Zedler (1998).	3
Tabla 2. Listado preliminar de flora rara o endémica de ocurrencia en las charcas vernaes de Tijuana, Valle de Guadalupe, Valle de las Palmas y Colonet, dentro de la región mediterránea de Baja California, con base en fuentes bibliográficas y recomendaciones.	22
Tabla 3. Listado de flora rara y endémica hallada y no hallada en las charcas vernaes de Baja California en la temporada la 2011-2012.	33
Tabla 4. Resumen del estatus, rareza y/o endemismo para especies florísticas de charcas vernaes de la región mediterránea de Baja California.	34
Tabla 5. Matriz binaria que representa la presencia y ausencia de especies raras y endémicas en las charcas de Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VGPE) y mesa de Jesús María (JM). 0= ausencia, 1= presencia.	37
Tabla 6. Matriz binaria de presencia y ausencia de especies cosmopolitas en charcas vernaes de las localidades Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VDGPE) y mesa de Jesús María (JM). 0= ausencia, 1= presencia.	38
Tabla 7. Índices de riqueza de Margalef, Menhinick y riqueza específica de especies por charca y localidad: Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VGPE) y mesa de Jesús María (JM).	39
Tabla 8. Propiedades fisicoquímicas del suelo para los sitios de muestreo en las charcas vernaes de las localidades Valle de Guadalupe (VDGPE) y Valle de las Palmas (VDP).	43
Tabla 9. Propiedades fisicoquímicas del suelo para los sitios de muestreo en las charcas vernaes de las localidades mesa Jesús María (JMc=centro, JMo=orilla) y Colonet (COLc=centro, COLo=orilla).	44
Tabla 10. Comparación de promedios de los parámetros fisicoquímicos del suelo de charcas vernaes por localidad.	45
Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas de suelos de la región mediterránea de Baja California (datos, INEGI). Valle de Guadalupe (VDGPE), carretera Ensenada-Tijuana Km 120 (Escenica1) y Colonet (COL).	46

## **1. Introducción**

### **1.1 Generalidades de las charcas vnales**

Charca vnaal es la traducción al Español del término “vnaal pool” utilizado frecuentemente por el botánico Willis L. Jepson en 1923 para describir el hábitat particular de algunas plantas (Zedler, 1987). Las charcas vnaales se definen como un humedal temporal que resulta de la inundación de depresiones de algunos centímetros de profundidad (vasos), comúnmente sin drenaje lateral, durante periodos cuando la temperatura es suficiente para el crecimiento de vegetación, seguido por un breve periodo anegado-terrestre y culminando en condiciones de sequía extremas (Keeley y Zedler, 1998). El uso del término de charca vnaal mas allá de la Provincia Florística de California aún es limitado para denominar una larga lista de humedales temporales similares en distintas regiones, sin embargo, considerando las características generales ya mencionadas, la distribución de las charcas vnaales es global (Keeley y Zedler, 1998).

Las charcas vnaales de la provincia florística de California (Raven y Axelrod, 1978) se distribuyen a lo largo de la costa del oeste de Norteamérica en la región gobernada por el clima mediterráneo desde el sur de Oregon, de Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.), hasta el noroeste de Baja California, México (Bauder y McMillan, 1998), caracterizándose por presentar una temporalidad bien marcada, con cuatro estados cíclicos, (i) una fase húmeda, (ii) una fase acuática o de inundación, (iii) una fase anegado-terrestre y (iv) una fase de desecación, presentándose de manera anual o bianual (Zedler 1987; Keeley y Zedler 1998). Ocurren en una variedad de paisajes, ya sea en mesas o valles, asociadas ocasionalmente a formaciones geomorfolcas denominadas “montículos mima” y quedando inmersas en varios tipos de vegetación como matorral costero, chaparral, bosques de dosel cerrado, bosques caducifolios y praderas (Zedler, 1987; Keeley y Zedler, 1998; Calhoun y deMaynadier, 2001; Colburn, 2004), por tal motivo las charcas vnaales son vistas como ecosistemas completos que constituyen “Islas de agua” rodeadas por un entorno terrestre (Stebbins, 1976).

Generalmente, el suelo de estos humedales está conformado por un horizonte superficial de materia orgánica con un espesor de hasta 20 cm, una capa de arcillas densa debajo del horizonte superficial y una capa impermeable denominada duripán formada por silicatos acompañados de óxidos de hierro (Hobson y Dahlgren, 1998). Por su origen geomorfológico-paisajístico las charcas de esta región se pueden dividir en tres principales grupos: (i) charcas de terrazas costeras, (ii) charcas de valles aluviales y (iii) charcas en lava erosionada (Holland, 1978; Zedler, 1987; Keeler-Wolf y Flint, 1995), distribuyéndose en complejos o conglomerados en áreas al noroeste de California, en El Valle Central (con mayor extensión) y al suroeste de California abarcando más allá del límite fronterizo con México (Bauder y McMillan, 1998; Solomeshch *et al.* 2007). En cuanto a la hidrología de las charcas vernaes, esta depende totalmente de la precipitación estacional y escurrimientos muy locales entre charca y charca, modificando fuertemente las condiciones de cada charca vernal y determinando la composición vegetal (Keeley y Zedler, 1998; Bauder, 2005; Solomeshch *et al.* 2007).

## **1.2 Flora de charcas vernaes**

Debido a las condiciones ambientales que imperan en las charcas vernaes, se ha promovido la evolución de distintos taxa, generando un arreglo rico en organismos altamente especializados (Zedler, 2003). En estos humedales temporales, habitan algunas especies de plantas que no presentan relación con ecosistemas acuáticos a nivel de género (evolucionado de ancestros terrestres) y taxa acuáticos especializados que han modificado sus ciclos de vida a las condiciones específicas de las charcas vernaes (Crampton 1954; Ornduff 1963; Reeder 1982; Zedler 1987; Keeley y Zedler, 1998; Spencer y Rieseberg 1998); de estos grupos, algunos son endémicos y se restringen fuertemente a un área geográfica específica (Zedler, 1987).

La flora de charcas vernaes se puede dividir en: 1) taxa acuáticos cosmopolitas, distribuidos en una gran variedad de humedales alrededor del mundo; 2) taxa endémicos, restringidos a una región o área específica (Zedler, 1987, Keeley y Zedler, 1998, Emery *et*

*al.*, en revisión). A lo largo de la región mediterránea de Norteamérica, algunos taxa de poca ocurrencia se restringen a charcas vernaes en áreas específicas, mientras que otros se distribuyen ampliamente (Tabla 1).

Tabla.1 Clasificación de taxa vegetales de charcas vernaes con respecto a su distribución y endemismo de acuerdo a Zedler (1987), Bauder y McMillan (1998) y Keeley y Zedler (1998) .

<u>Acuáticos cosmopolitas</u>	<u>Costa oeste América</u>	<u>Suroeste California</u>
<i>Callitriche heterophylla</i>	<i>Downingia</i> sp.	<i>Artiplex coronata</i> var. <i>notatior</i>
<i>Crassula aquatica</i>	<i>Deschampsia</i> sp.	<i>Downingia concolor</i>
<i>Elatine chilensis</i>	<i>Lastenia</i> sp.	<i>Myosurus minimus</i> spp. <i>apus</i>
<i>Eleocharis acicularis</i>	<i>Navarretia</i> sp.	<i>Pogogyne nudiuscula</i>
<i>Isoëtes howellii</i>	<i>Plagiobothrys</i> sp.	<i>Pogogyne abramsii</i>
<i>Lilaea scilloides</i>	<i>Pogogyne</i> sp.	<i>Orcuttia californica</i>
<i>Marsilea vestita</i>	<i>Psilocarphus</i> sp.	
<i>Myosurus minimus</i>		
<i>Ranunculus aquatilis</i>		

En la porción sur de la Provincia Florística de California el número de especies de plantas que se encuentran por charca es entre 15 y 25 especies entre cosmopolitas, raras y endémicas (Holland 1976). Sin embargo, alrededor de cien especies de plantas vasculares, generalmente anuales, están restringidas o asociadas a charcas vernaes (Holland y Jain, 1977; Stone, 1990); de este número, más del 70% son consideradas nativas de California (Zedler, 1987) y al menos dieciseis taxa son compartidos entre las charcas del sur de California y el noreste de Baja California, así mismo ocho poseen una distribución muy restringida (Bauder y McMillan, 1998).

### **1.3 Charcas Vernaes de Baja California**

A finales del siglo XIX Orcutt (1885) describe a las charcas vernaes como lagunas y lagos miniatura; más tarde, algunos libros pioneros en el estudio de la flora silvestre de California, EE.UU. (v.g. Abrams, 1911) las describen como pequeñas depresiones en el

suelo inundadas y hábitat de ciertos géneros de plantas, como *Downingia* sp. y *Eryngium* sp. Howell (1931) describe el hábitat de *Pogogyne* sp. como charcas aluviales. Sin embargo, el reconocimiento de las charcas vernaes como tal, debido a su composición florística compleja fué inicialmente abordado y estudiado por Jepson (1925) quien comúnmente denominaba de esa forma al hábitat de algunas plantas. Finalmente, Purser (1939) discute a fondo las propiedades ecológicas en un estudio sobre las pozas vernaes (*vernal ponds*) en San Diego, reafirmando el término de charca vernal (*vernal pool*) con sus propiedades evolutivas y ecológicas únicas.

A las charcas se les otorgó un estatus de protección en EE.UU. a partir de la inclusión de especies endémicas y restringidas al hábitat, en la ley federal “Endangered Species Act.” de 1973. Más tarde, para el año de 1985 se consolidó su protección y regulación por la “U. S. Army Corps of Engineers y Environmental Protection Agency” y para 1988 se les da protección bajo la ley federal “Clean Water Act” (Zedler, 2003).

Las charcas vernaes en México no habían despertado el interés científico sino hasta hace algunas décadas, con investigadores extranjeros como Moran (1984) y Zedler (1987) cuando fueron reconocidas como un ecosistema único por su flora, pero sin relevancia en la política ecológica del país.

Orcutt (1885, 1887) se refirió a charcas de Baja California, México y su flora, incluyendo sitios como Tijuana, Valle de Guadalupe, las mesas entre Santo Tomas y San Vicente y las llamadas “lagunas de agua dulce” de la bahía de San Quintín de donde reportó a *Orcuttia californica* (Moran, 1984). Zedler (1987), cita a Shreve (1964) quien describe brevemente las “playas” y prados grandes en la región de Magdalena al sur de la península de Baja California, asumiendo que posiblemente se trata de charcas vernaes, en donde se reporta la presencia de especies de los géneros *Marsilea* y *Eryngium*. Reeder (1981), registra a *Tuctora fragilis* (sin: *Orcuttia fragilis*) en la misma localidad, siendo la única especie de la tribu de pastos Orcuttieae exclusiva para México, de acuerdo con la publicación de Crampton (1976) y sostenido por Keeley y Zedler (1998). Wiggins (1980) incluye varias

especies propias de charcas vernaes, describiendo su hábitat y ubicación en diferentes localidades de la península de Baja California, en esta obra menciona taxa endémicos de México como *Centromadia perennis* (sin: *Hemizonia perennis*) y taxa denominados actualmente de incidencia rara como *Navarretia fossalis*, *Eringyum aristulatum* var. *Parishii* (sin: *Eryngium parishii*) y *Orcuttia californica*.

Desde los años sesentas Reid Moran del Museo de Historia Natural de San Diego, EE.UU. llevó a cabo varias expediciones para estudiar la flora de Baja California donde figuraba el reconocimiento de charcas vernaes del noroeste de la península de Baja California (Jon Rebman, com. per.); Moran (1984) describe sitios con charcas vernaes en Tijuana, tales como el aeropuerto y Valle Redondo; en Tecate El Valle de Las Palmas; en Ensenada sitios como Laguna Hanson, la Misión, Santo Tomás, Eréndira, Colonet, San Quintín y La Mesa de San Carlos al sur del Rosario. Así mismo, reporta especies con alguna categoría de riesgo en EE.UU. como *Pogogyne nudiuscula*, así como también endémicas para la región y de incidencia rara como la ya mencionada *C. perennis*.

En 1987, Zedler revisa aspectos sobre charcas vernaes de California, en donde subraya la distribución global del ecosistema y argumenta que las charcas vernaes de California son parte de la misma región que se extiende desde Oregon hasta el noroeste de Baja California, sugiriendo que la provincia florística de California es complementaria a la provincia de Baja California. Oberbauer (1992) bajo la premisa de la complementaridad entre la flora de las Californias, hace referencia a la vegetación de charcas vernaes compartida por ambos territorios describiendo áreas como Valle de Las Palmas, La Misión y Colonet, resaltando la presencia de especies muy particulares como *Mimulus latidens* y *Navarretia fossalis*, así como también el taxón endémico *Centromadia perennis*. Oberbauer (2010) realiza una descripción sobre tres especies del género *Pogogyne*, de las cuales *Pogogyne* sp. ocurre en las cercanías del Cerro Bola al sur de Valle de las Palmas y *Pogogyne nudiuscula* en algunas charcas cercanas a La mesa de Otay.

Vanderplank (2010) registra para San Quintín la presencia de especies asociadas a charcas

vernales y reporta nuevamente la presencia de *Centromadia perennis* en Ejido El Papalote, sitio que ya había sido reportado por Moran (1984). A la vez, comenta la pérdida de esta población de una temporada a otra, argumentando que es consecuencia de la transformación del paisaje a terrenos agrícolas. Recientemente, Clark y Doderó (2011) y Harper *et al.* (2011) comentan sobre la presencia de flora propia de charcas vernaless en Colonet, San Quintín y Tijuana, en donde resaltan especies por su endemismo y otras de rareza documentada en listados de EE.UU.

#### **1.4 Factores relacionados con la composición de la flora de charcas vernaless**

Estudios sobre la hidrología han determinado que la formación de las charcas vernaless inicia con los periodos de precipitación y continua a lo largo de los meses subsiguientes con la existencia de escurrimientos superficiales locales que permiten una constancia en el nivel del agua, afectan directamente la composición vegetal dentro y fuera de la charca (Hanes y Stromberg, 1998; Bauder, 2000, 2005). Por otro lado, las dimensiones de la charca regulan el establecimiento de especies, extendiendo la fase terrestre-húmeda, favoreciendo incluso a plantas perennes como *Eleocharis macrostachya*, característica de humedales comunes.

Otra propiedad importante es la temporalidad de las charcas, la cual influye en la ocurrencia de las especies, por ejemplo en la charca de Kearney Mesa al sur de California. En esta charca en la época seca se encontró a *Bromus madritensis* y a *Silene gallica*. Al primer día de inundación se encontró a *Castilleja exerta*, *Filago gallica* y *Plantago erecta*; a los diez días de inundación a *Juncus bufonius*, *Avena barbata* y *Microceris douglasii*; a los veinte días *Eleocharis asicularis* y *Centunculus minimus*; a los treinta *Deschampsia danthonoides*, *Myosurus minimus* y *Pogogyne abramsii*; a los cuarenta días, *Downingia cuspidata* e *Isoetes orcuttii*; a los cincuenta días *Isoetes howellii* y a los sesenta días *Lilaea escilloides* (Zedler, 1987).

La variación anual de los factores ambientales también afecta la duración de las diferentes fases y tiene un impacto marcado en la composición de la comunidad; es común que dentro



de la misma charca, diferentes especies dominan en diferentes años (Keeley y Zedler, 1998). El ciclo hidrológico (precipitación, tamaño de la inundación, sequía, intercambio de agua, etc.) de las charcas es el factor físico más determinante en la composición de comunidades vegetales y animales encontradas en estos hábitats, a pesar de las condiciones del paisaje que les rodea (Bauder, 2000). Propiedades como la química del agua, factores como la temperatura y las relaciones interespecíficas se ven afectados por la periodicidad de las lluvias, influyendo también de gran manera en la composición y distribución de las comunidades en las charcas vernaes (Colburn 2004).

Durante las diferentes fases de inundación o humedad, diferentes especies vegetales germinan o brotan de los órganos estructurales, otras desarrollan follajes distintos según su exposición a condiciones aéreas o acuáticas (Zedler, 1987; Keeley y Zedler, 1998). En respuesta a esto, los cambios en la temperatura se ven moderados por la cobertura foliar; si la charca presenta una cobertura densa, experimenta cambios menos dramáticos de temperatura del agua (Tesar *et al.* 2008).

### **1.5 Fertilidad del suelo**

El suelo es la porción de la corteza terrestre en donde las plantas crecen; está compuesto por una mezcla de materiales inorgánicos y orgánicos. Especies de plantas de las charcas vernaes se ven afectadas en su distribución por la química intrínseca del suelo de diferentes localidades (Bauder y McMillan, 1998).

Las plantas requieren elementos minerales contenidos en la solución de suelo para llevar a cabo múltiples funciones que comprenden catálisis, transporte de electrones, formación de estructuras, ósmosis y algunas otras funciones reguladoras. Para que un elemento sea considerado esencial debe cumplir con ciertos criterios, el primero es que su participación debe ser directa en el metabolismo; segundo, su déficit conduce a un impedimento en el ciclo de vida de las plantas y por último el elemento no debe verse remplazado por otro con propiedades similares (Epstein, 1972; Raven y Evert, 1976).

Estos elementos son clasificados dependiendo de su abundancia y requerimiento en: 1) macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio; 2) Elementos secundarios: Magnesio, Calcio, Azufre; 3) Elementos menores: Boro, Zinc, Manganeso, Hierro, Cobre. Por otra parte, algunos otros elementos tóxicos para algunas especies, pueden ser requeridos por otras bajo condiciones específicas de su hábitat, como en el caso del sodio (Na) que es requerido por plantas de tipo  $C_4$  (Raven y Evert, 1976).

El suelo es una matriz compleja donde los procesos químicos y físicos están relacionados; el pH, o reacción del suelo, es una propiedad que tiene influencia directa en los procesos químicos, actúa sobre el equilibrio entre oxidación-reducción y la solubilidad de varios constituyentes y la forma iónica de varios metales pesados. La mayoría de suelos oscilan entre pH de 5 y de 7, donde varias especies crecen de manera exitosa, excluyendo a aquellas bien adaptadas a medios extremos (Epstein, 1972).

La capacidad de intercambio cationico (CIC), es la propiedad química que designa los procesos de absorción de cationes por el complejo de cambio (la raíz de la planta) desde la solución suelo y liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo. Dicha movilidad se atribuye a la cantidad de arcillas, de humus y la reacción del suelo. Para este efecto es importante saber el grado de saturación de los elementos de intercambio (% de K, Ca, Mg, H y Na) denominado “Porcentaje de Saturación de Cationes” los cuales interactúan entre sí y se encuentran en determinadas relaciones (Porta *et al.* 2008).

La cantidad de materia orgánica (MO) es otra propiedad importante la cual se define como compuestos orgánicos, vivos o muertos, que se encuentran en el suelo e influye de manera directa en la estructura del suelo determinando aspectos como la porosidad y el intercambio de nutrientes. Por ejemplo, la MO posee mayormente cargas negativas, por lo que los ácidos orgánicos forman con cationes hidroxilados tales como  $Fe(OH)_2$  y  $Al(OH)_3$  sustancias complejas que inmovilizan estos iones dejando en libertad los iones fosfatos (Bernier, 1999).

Al parecer algunas características topográficas, edáficas e hidrológicas han sido consideradas determinantes para determinar a la comunidad vegetal en las charcas vernaes (Holland y Jain, 1977; Holland y Dains, 1990; Bauder *et al.*, 2009; Bauder y McMillan, 1998), sin profundizar en el efecto y relación que existe entre la distribución de especies y las propiedades de fertilidad del suelo.

### **1.7 Pérdida de las charcas vernaes**

Se han perdido charcas vernaes de manera total o parcial debido a urbanización, agricultura, drenaje, redireccionamiento hidrológico y la conversión de charcas temporales a pozas permanentes para la acuicultura (Colburn, 2004). En Estados Unidos de Norteamérica se ha visto una pérdida importante de estos ecosistemasK en estados como California (Holland y Jain, 1977; Johnson, 1998; Zedler, 2003). En El Valle Central de California se calcula que entre el 50 y el 85% de los sitios naturales que albergaban charcas vernaes han sido destruidos por conversión a suelo agrícola (King, 1998), de tal forma que para el 2015 se espera que desaparecerán totalmente si no se mitigan sus amenazas (Holland, 2009).

En cuanto al suroeste del estado de California, EE.UU., se han descubierto remanentes de charcas vernaes en la región de la bahía de San Diego y en los alrededores del estuario del río Tijuana, lo que sugiere una pérdida por el desarrollo urbano de Chula Vista y National City (Bauder y McMillan, 1998). En el noroeste de Baja California, México, Moran (1984) menciona que algunas áreas de charcas vernaes han desaparecido o se encuentran bajo presiones antropogénicas, actualmente la información con la que se cuenta sobre el tema es superficial y esparcida en reportes de investigación, sin gran impacto para México.

El problema de pérdida de las charcas vernaes no se limita solamente a la desaparición del humedal, una variedad de organismos especializados confinados a estos ecosistemas (Spencer y Rieseberg, 1998) y otros que lo usan de manera transitoria (Silvera, 1998), les

habitan en busca de subsidio y refugio; de tal forma que su situación no sólo afecta a las poblaciones propias de un sitio, sino que también a la biodiversidad de la región (Findlay y Houlihan 1997; Keddy, 2000).

La biodiversidad es un término que engloba a distintas escalas la complejidad que existe en el medio natural. Tradicionalmente los niveles que se rigen por este término son los genes de una población, las poblaciones de un hábitat y los ecosistemas a nivel de paisaje (Aguilera y Silva, 1997; Lazlo *et al.* 2008). Bajo este entendido las poblaciones de un hábitat o riqueza de especies es un término comúnmente usado en biodiversidad haciendo referencia al número de especies en un sitio como resultado del proceso evolutivo, donde su cuantificación puede ser utilizada para conocer lo que hay dentro de una área natural con fines de conocimiento, conservación y manejo (Badii *et al.*, 2007). El análisis de la riqueza en número de taxa por localidad da una idea del estado del hábitat, sobre todo si se trata de especies raras o endémicas vulnerables a cambios en el medio (Moreno, 2001).

El potencial de endemismos es un aspecto importante de la diversidad florística de las charcas vernaes (Zedler, 1987; Bauder y McMillan, 1998), históricamente la protección de especies endémicas y raras en California denota el interés de conservar a las charcas vernaes de la región mediterránea de California e investigar diferentes aspectos a su alrededor, más que en ningún otro lugar del mundo (Zedler, 2003). Recientemente estudios de riqueza de especies e inventarios mencionados como los de Bauder y McMillan (1998) o los realizados por United States Fish and Wildlife Service (USFWS, 1998) señalan áreas del noroeste de Baja California con especies florísticas asociadas a las charcas vernaes, algunas protegidas por su rareza y vulnerabilidad en los EE.UU.

Sitios como San Quintín y Colonet han sido proyectados como puntos de gran valor para la conservación por la riqueza de especies vegetales únicas, siendo las charcas vernaes de estos sitios catalogadas con un alto valor biológico por sus endemismos, en el que incluso figuran especies no descritas; por ejemplo, del género *Eryngium* (Harper 2007; Clark *et al.* 2008; Harper *et al.* 2011).

Así mismo Clark y Doderó (2011) documentan un sitio de gran importancia ecológica en la ciudad de Tijuana conocido como La mesa de Jesús María, donde no solo reportan la presencia de charcas vnales y especies de flora y fauna asociadas a ellas, también especies vulnerables y en peligro de extinción, protegidas bajo la NOM-059. Argumentan también el peligro que ejerce la posible expansión de la ciudad sobre esta localidad.

Sin incluir a las especies raras y endémicas de las charcas vnales, Baja California cuenta con un número considerable de sitios prioritarios para la conservación de vegetación incluida en la lista oficial de especies en riesgo incluida en la NOM-059, así como también vegetación vulnerable (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008), a pesar de esto, no se abarcan a las áreas con charcas vnales antes mencionados.

En México es evidente, la falta de estudios que demuestren la distribución y composición de las especies residentes y su importancia en las charcas vnales, así como el conocimiento del funcionamiento del ecosistema, son un freno para su conservación y manejo.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

El objetivo general de este estudio es conocer la distribución de algunas especies florísticas raras y endémicas de charcas vernaes de la región Mediterránea de Baja California y su relación con propiedades del suelo.

### **2.2 Objetivos Particulares**

- 1- Determinar áreas con charcas vernaes en Baja California.
- 2- Determinar algunas especies florísticas raras y endémicas de charcas vernaes mediante la recopilación y análisis de literatura, así como también los hallazgos en campo.
- 3- Comparar entre localidades la riqueza de especies raras y endémicas halladas en charcas vernaes de la región.
- 4- Analizar propiedades fisicoquímicas del suelo en diferentes charcas vernaes.

### **3. Hipótesis**

La presencia de especies de flora rara y/o endémicas de las charcas vnales presentarán una relación identificable con ciertos factores fisicoquímicos del suelo.

## **4. Materiales y Métodos**

### **4.1 Zona de estudio**

La zona de estudio abarca parte del noroeste del estado de Baja California entre las coordenadas 32°-31.5° N y 116°-115.5° W, dentro de los municipios de Tijuana y Ensenada, México. El clima de esta región es mediterráneo, lluvias en invierno y veranos cálidos y secos. La precipitación media anual en esta zona varía de los 300 a los 600 mm, no obstante, la precipitación más alta se ubica en un área muy restringida (Figura 1); la temperatura media anual varía de 6 a 16° C (Figura 2). El pronóstico de precipitación pluvial para la temporada que abarcó el estudio (invierno 2011/2012), señaló lluvias por debajo de lo normal (Figura 3).

Fisiográficamente, la región pertenece a la provincia de Baja California, subprovincia de las Sierras de Baja California (INEGI, 2011). La vegetación es de tipo arbustivo y diversos matorrales cubren alrededor del 95% de su extensión; el chaparral es la vegetación más importante en términos de cobertura; no obstante también es posible encontrar bosques de pino y táscate (INEGI, 2011).





Figura 1. Precipitación media anual para la península, enfatizando la porción mediterránea en el noroeste de Baja California (SEMARNAT, 2011).

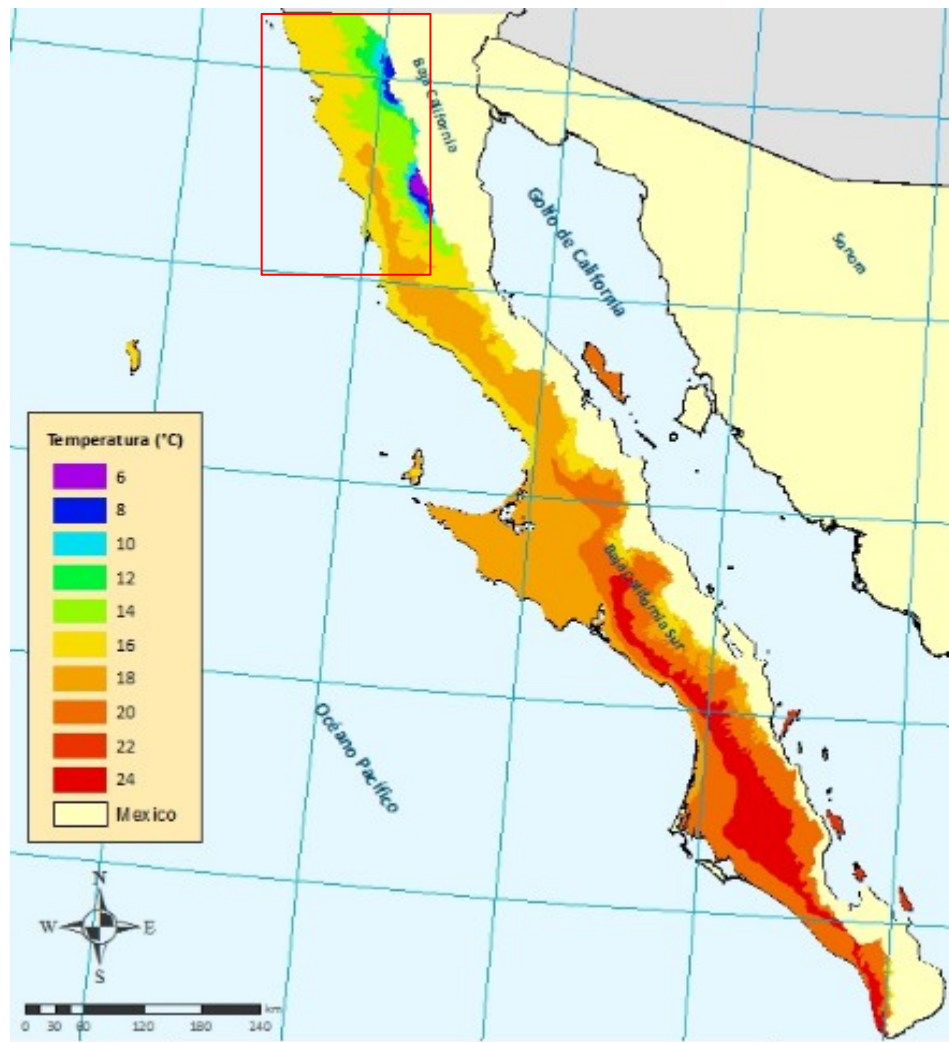
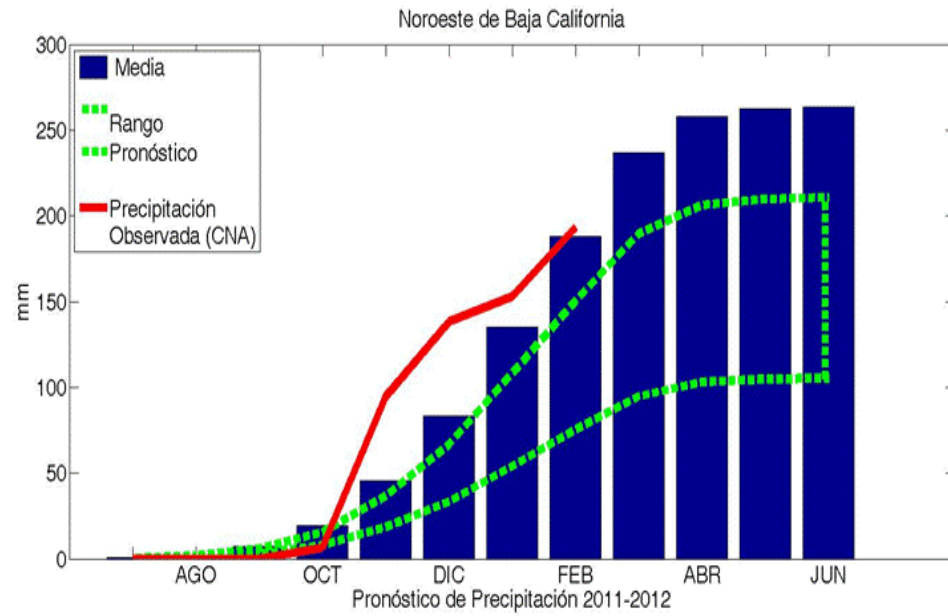


Figura 2. Temperatura media anual de la península, enfatizando la porción mediterránea en el noroeste de Baja California (SEMARNAT, 2011).



**Figura 3. Pronóstico de precipitación para el noreste de Baja California de acuerdo con los modelos CICESE-1 y CICESE-2. Comparación de la precipitación observada (línea roja), rango del pronóstico (línea punteada verde) y promedio de precipitaciones (barras azules) (CICESE 2011).**

## 4.2 Localización de Charcas Vernales

Este estudio se llevó a cabo en cuatro localidades donde se corroboró la existencia de charcas vernales: la Mesa de Jesús María y Valle de las Palmas en el municipio de Tijuana y Valle de Guadalupe y norte de punta Colonet en el Municipio de Ensenada (Figura 4).

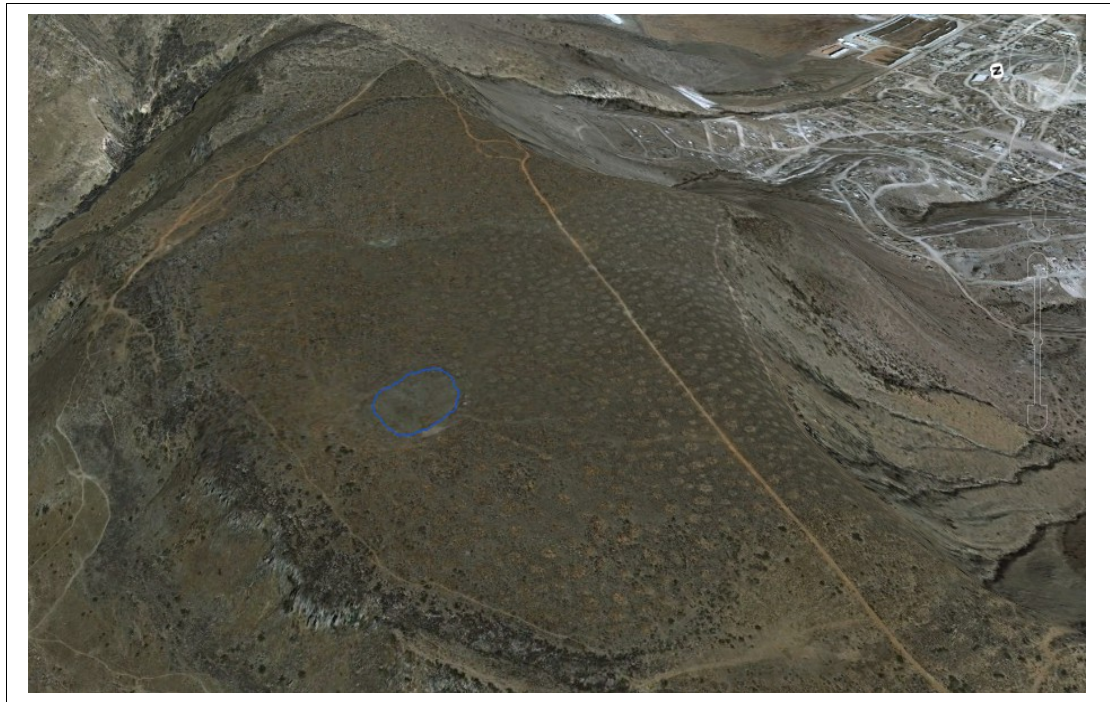


**Figura 4. Localidades del noroeste de Baja California con existencia de charcas vernales (triángulos amarillos) en el periodo 2011-2012.**

Para este estudio, se siguió la metodología para el diagnóstico de charcas vernaes Marchand, 2004; Burne y Lathop, 2008), la cual consistió en tres pasos: (1) Identificar regiones de charcas vernaes en imágenes de satélite y otros formatos de percepción remota, (2) la geolocalización de estas y (3) la documentación de los componentes biológicos en campo para corroborar que se trata de una charca vernal.

Como herramienta se emplearon las imágenes satelitales de GoogleEarth™ capturadas entre el 2005 y 2009; estas se encuentran disponibles para uso general (sin reproducir o distribuir de manera ilegal) y poseen un alto grado en el detalle del paisaje, con una resolución de hasta 60 cm por pixel dependiendo de las imágenes de satélite que estén disponibles.

La búsqueda de charcas vernaes se centró principalmente en áreas con altiplanos, mesas, depresiones pequeñas, valles y rastros hidrológicos, como arroyos y ríos secos; aunado a esto, se ubicaron patrones de cambio de vegetación. Las imágenes permitieron identificar visualmente a las charcas vernaes, tomando en cuenta marcas ovaladas o semicirculares que podrían ser cuerpos de aguas (Figura 5).



**Figura 5. Imagen satelital de la mesa de Jesús María, Tijuana; se observan múltiples circunferencias las que se interpretan como charcas vernaes con un diámetro aproximado a 7 m; al norte remarcado en azul, una charca vernal de aproximadamente 40 m de diámetro (Google Earth™, 2012).**

Una vez ubicadas en el mapa, se prosiguió con la exploración y evaluación visual en campo de las áreas calificadas en imágenes como sitios con charcas vernaes. Para la determinación geográfica se utilizó un Geoposicionador Garmin™ y se tomaron las coordenadas del sitio. La exploración en campo se llevó a cabo a principios y al final de la temporada de lluvias en los meses de Noviembre, 2011 y Marzo, 2012. Para considerar y determinar si se trataba o no de una charca vernal, se tomó en cuenta rastros de agua o humedad en el suelo, presencia o vestigios de plantas características de charcas vernaes; para considerarla en el estudio la presencia de especies de flora rara y/o endémica.

### **4.3 Monitoreo de flora**

Previo al monitoreo de la flora, se construyó una lista con especies florísticas asociadas a charcas vernaes consideradas raras y/o endémicas para la región mediterránea de Baja California con altas posibilidades de ser halladas en la zona de estudio establecida (Tabla 2). Esta lista se basó en información sobre la vegetación de charcas vernaes contenida en publicaciones y listados de importancia ecológica para los EE.UU. Así mismo, se tomó en cuenta las expectativas y sugerencias de colegas como Matt Guilliams (candidato a PhD, UC Berkeley) y Sula Vanderplank (candidata a PhD, UC Riverside). Finalmente el listado se fue depurando conforme a los hallazgos en las áreas a explorar hasta obtener un listado definitivo de especies raras y endémicas para la región mediterránea de Baja California.

Tabla 2. Listado preliminar de flora rara o endémica de ocurrencia en las charcas vernaes de Tijuana, Valle de Guadalupe, Valle de las Palmas y Colonet, dentro de la región mediterránea de Baja California, con base en fuentes de información.

<b>Especie</b>	<b>Fuentes</b>
<i>Centromadia perennis</i> (Greene) Keck	Wiggins, 1980; Moran, 1984; Oberbauer, 1992; Clark <i>et al.</i> 2008; Vanderplank, com. per.
<i>Deschampsia danthonioides</i> (Trin.) Munro	Oberbauer, 1992; Clark y Doderó, 2011; Guilliams, com. per.
<i>Downingia cuspidata</i> (Greene) Jepson	Clark y Doderó, 2011.
<i>Eryngium aristulatum</i> var. <i>parishii</i> (Coul. & Rose) Beauch.	Moran, 1984; Oberbauer, 1992; U.S. FWS, 1998; Clark <i>et al.</i> 2008; Clark y Doderó, 2011. Vanderplank, 2011.
<i>Eryngium</i> sp. nov.	Bauder y McMillan, 1998; Harper, 2007; Harper <i>et al.</i> 2011; Guilliams, com. per.
<i>Mimulus latidens</i> (Gray) Greene	Oberbauer 1992; Bauder y McMillan, 1998,*CNPS 2012.
<i>Myosurus minimus</i> ssp. <i>apus</i> (Greene) Campb.	Oberbauer, 1992; Clark <i>et al.</i> 2008; Clark y Doderó, 2011.
<i>Navarrettia fossalis</i> Moran	Wiggins, 1980; Moran, 1984; Oberbauer, 1992; U.S. FWS, 1998; Bauder y McMillan, 1998; Clark <i>et al.</i> 2008; Vanderplank, 2010; Clark y Doderó, 2011.
<i>Orcuttia californica</i> Vasey	Wiggins, 1980; Moran 1984; Oberbauer, 1992; U.S. FWS, 1998; Clark <i>et al.</i> 2008; Vanderplank, 2011.
<i>Pogogyne nudiuscula</i> Gray	Oberbauer, 1992; Bauder y McMillan, 1998; U.S. FWS, 1998.
<i>Pogogyne</i> sp. nov.	Bauder y McMillan, 1998; U.S. FWS, 1998; Harper com. per.; Guilliams com. per.
<i>Plagiobothrys bracteatus</i> (Howell) Johnston	Moran 1984; Guilliams, com. per.
<i>Plagiobothrys leptocladus</i> (Greene) Johnston	Moran 1984; Vanderplank 2010; Guilliams, com per.

\*Se encuentra considerada en el listado de importancia de la CNPS pero su categorización es rechazada.



Para determinar la flora dentro de las charcas vernaes, se extrajo y contabilizó un individuo de cada especie por charca, en su mayoría maduros (con flores); la extracción se hizo incluyendo la raíz por medio de una pala recta; posteriormente los ejemplares fueron prensados y etiquetados (Cascante 2008), para su transporte, manejo e identificación posterior. Su identificación se respaldó con ejemplares pertenecientes al herbario Jepson de la Universidad de California Berkeley y literatura especializada; finalmente los ejemplares fueron transportados para ser depositados en el herbario Jepson de la Universidad de California Berkeley.

#### **4.4 Análisis de suelo**

Con la finalidad de cuantificar los parámetros fisicoquímicos que determinan la fertilidad del suelo y siguiendo las recomendaciones de Laboratorios A-L de México SA de CV, se llevó a cabo la toma de muestras de suelo dentro del vaso de cada charca vernal en el lugar preciso donde se localizaron los especímenes. Esto se hizo en los primeros 15 cm del horizonte superficial (sin llegar o penetrar el duripan), por medio de una pala de jardinería común extrayendo una porción de suelo con un peso aproximado de 1 kg, se depositó en una bolsa de plástico hermética, se etiquetó y almacenó para su traslado. Cabe destacar que tres charcas poseían un tamaño mayor a los 30 m de diámetro y la vegetación se distribuía en forma de parches abarcando tanto en el centro como las orillas por lo que se tomó muestras de suelo en la parte más central y la más externa dentro del vaso, siguiendo la presencia de la vegetación. Cada muestra de suelo se consideró proveniente de un sitio de muestreo, independientemente si se trató de la misma charca.

La determinación y cuantificación de las propiedades fisicoquímicas se hizo conforme a los Métodos de Análisis Oficiales de la Asociación Internacional de Comunidades Analíticas disponibles en línea: <http://www.eoma.aoac.org/aboutOMA.asp>

Previo al análisis de laboratorio, las muestras fueron secadas al aire libre por aproximadamente 48 h; el análisis se realizó en Laboratorios A-L de México SA. de CV.,

(Guadalajara, Jalisco), este comprendió la cuantificación de las siguientes propiedades fisicoquímicas básicas:

- Reacción del suelo (pH): El pH es el logaritmo inverso de la actividad de iones hidrógeno en la solución suelo. El pH del suelo se determina convencionalmente en una mezcla suelo: agua en una proporción de 1:2 (Álvarez y Marín, 2011).
- Conductividad eléctrica: La determinación se lleva a cabo utilizando una mezcla de suelo y agua destilada, transcurrido un periodo de tiempo se mide con una celda la conductividad del sobrenadante y se toma la temperatura. Las lecturas se corrigen por un factor de temperatura y se expresan de acuerdo con las instrucciones del fabricante de la celda (Álvarez y Marín, 2011).
- Capacidad de Intercambio Cationico (CIC): Para este efecto es importante saber el grado de saturación de los elementos de intercambio (% de K, Ca, Mg, H y Na) denominado “Porcentaje de Saturación de Cationes”. Estas bases se pueden determinar por extracción con acetato de amonio y analizadas por absorción atómica (Álvarez y Marín, 2011).
- Relación entre cationes de intercambio: Los cationes interactúan entre sí, por lo tanto, deben encontrarse en determinado porcentaje debido a que conduce a deficiencias nutrimentales, de tal forma que es un factor limitante para las plantas (Bernier,1999).
- Saturación de materia orgánica (MO): Esta se determinó con el método de pérdida por calcinación a 950°C (Loss on ignition) (Heiri *et al.* 2001).
- Nutrientes: Nitrógeno (estimación de nitrógeno liberado) comúnmente determinado mediante KCl el cual da un indicador de la disponibilidad de N en el suelo; Fósforo se estima por el método de Olsen mediante la lectura de la absorbancia en

espectrofotómetro; Magnesio, Potasio Sodio, Calcio, se determinan mediante disoluciones en agua destilada y su posterior lectura de la absorbancia en espectrofotómetro (Álvarez y Marín, 2011). En lo que respecta a los micronutrientes, Zinc, Hierro, Cobre las determinaciones se llevan a cabo directamente en una mezcla con agua destilada y la lectura de la absorbancia en espectrofotómetro; aunado a esto podemos considerar en una categoría extra aquellos elementos generalmente tóxicos, como es el caso del Sodio (Álvarez y Marín, 2011).

## 4.5 Análisis de datos

### 4.5.1 Riqueza de especies

A partir de la cuantificación de especies florísticas raras y endémicas en las charcas vernaes, se llevó a cabo el análisis de la riqueza específica (S) según Moreno (2001), el cual consistió en un censo de la comunidad para obtener el número total de especies (S) y considerando un individuo por especie.

En conjunto a la riqueza específica, se aplicó el índice de Margalef, el cual transforma los datos de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Este índice supone que existe una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988; Moreno, 2001). El valor de este índice se encontró por medio de la fórmula 1.

(Fórmula 1)

$$D_{Mg} = S - 1 / \ln (N)$$

En donde:

$D_{Mg}$  = Índice de Margalef

S = Número total de especies

N = Número de individuos

Al igual que el anterior se calculó el índice de Menhinick, el cual se basa también en la proporción entre el número de especies y el número total de individuos observados, el cual aumenta al aumentar el tamaño de la muestra (Moreno, 2001), este se expresa de acuerdo a la fórmula 2.

(Fórmula 2)

$$D_{Mn} = (S-1) / \sqrt{N}$$

En donde:

$D_{Mn}$  = Índice de Menhinick

S = Número total de especies

N = Número de individuos

#### 4.5.2 Análisis de similitud

Para comparar entre localidades se llevó a cabo un análisis por clusters a partir de datos de presencia y ausencia de especies raras y endémicas de Baja California y posteriormente con localidades de California en base al listado de especies de Bauder y McMillan (1998). Para este análisis se utilizó el coeficiente cualitativo de Jaccard (Moreno, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001), el cual se expresa en la fórmula 3.

(Fórmula 3)

$$I_J = \frac{c}{a+b+c}$$

En donde:

$I_J$  = Índice de Jaccard

$a$  = número de especies en el sitio 1

$b$  = número de especies en el sitio 2

$c$  = número de especies en ambos sitios

Este índice es útil ya que representa la semejanza entre muestras solo considerando la composición de especies, relacionando el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Villareal *et al.*, 2006).

#### 4.5.3 Caracterización del suelo

En lo que respecta a las propiedades fisicoquímicas del suelo por localidad, se llevó a cabo un análisis de la varianza de Kruskal-Wallis, para variables no paramétricas y se determinó si existían diferencias significativas  $p \leq 0.05$  entre las localidades con respecto a cada una de las propiedades fisicoquímicas; así mismo se realizó una comparación entre el suelo analizado de las charcas vnales y suelo de sitios fuera de las charcas, distribuidos en áreas con matorral costero y chaparral, cercanos a la ciudad de Ensenada, al Valle de Guadalupe y en Colonet (COL 170, COL 171, COL 172, COL 177, COL 176, VDGPE02, Escénica 01) dentro la misma región mediterránea de Baja California (Figura 6), de los cuales solo se compararon las siguientes propiedades: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Conductividad, Materia Orgánica, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio y Fósforo. Los datos de suelos fuera de las charcas fueron del INEGI (Perfiles de suelo, disponible en línea).



Figura 6. Ubicación de los sitios de muestréo de suelo del INEGI (COL 170, COL 171, COL 172, COL 177, COL 176, VDGPE02, Escénica01 en círculos amarillos) que no pertenece a charcas vnales .

#### 4.5.4 Asociación de variables

Con el fin de encontrar relación entre variables bióticas (especies) y abióticas (propiedades del suelo) y entender la distribución de las especies (Mostacedo *et al.* 2006; Vanderplank, 2010) con relación a las propiedades del suelo, se aplicó el análisis de Componentes Principales (PCA) que es ampliamente utilizado en ecología para asociar variables ambientales y biológicas (Sánchez y López, 2003; Mostacedo *et al.* 2006), este método de ordenación multivariada pretende reducir el número variables en algunos factores que permitan observar y determinar el patrón entre variables.

El análisis se basó en una matriz de presencias y ausencias de especies por sitio de muestreo. Para determinar los ejes significativos dentro del PCA, se empleó el método de bastón roto (broken stick model, Jackson, 1993). Tomando en cuenta que los ejes obtenidos en el PCA son variables desconocidas o compuestas, es requerido dar una aproximación verbal a su significado. Para comprobar si los ejes de los componentes significativos dependía de alguna propiedad fisicoquímica, se llevaron a cabo correlaciones lineales utilizando los valores que determinan el porcentaje de representatividad por sitio de muestreo del PCA y los valores obtenidos en el análisis de cada una de las propiedades del suelo por sitio de muestreo (nutrientes, pH, Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico, Conductividad, Estimación del Nitrógeno Liberado y Cationes de Intercambio); se observó si la dispersión de los puntos obtenida correspondía a una tendencia lineal evidente, de tal forma que se asumiría que dicha propiedad del suelo era de influencia sobre la distribución de especies. El coeficiente de la correlación posee valores absolutos entre 0 y 1, mientras más cercano el coeficiente a la unidad las muestras son más parecidas (Figueras, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

Los análisis de datos se llevaron a cabo con el paquete estadístico PAST v2.15 (Hammer *et al.*, 2001) disponible de manera gratuita.

## 5. Resultados

### 5.1 Localización de las charcas vernaes

La exploración en campo permitió determinar cuatro localidades con presencia de charcas vernaes, dentro de la región mediterránea de Baja California.

La Mesa de Jesús María (JM), es una terraza costera a aproximadamente 105 msnm (metros sobre el nivel del mar), en donde se pueden apreciar numerosas depresiones circulares de posibles charcas vernaes de no más de 8m de diámetro algunas cubiertas por individuos del género *Lastenia*. Se encontraron poblaciones vegetales típicas de chaparral y suculentas como *Ferocactus viridescens* y *Cylindropuntia prolifera*. La localidad se encuentra inmersa en la mancha urbana de la ciudad de Tijuana, no obstante, se aprecia en buen estado de conservación; cabe mencionar que a un costado de la mesa se encuentra una mina de extracción de roca caliza. La ubicación de la charca explorada tomando la parte más central (identificada como “JM1”) fue 32.50444°N, 116.83373°W georeferenciada con una precisión de dos metros. La extensión cubierta por el complejo de charcas y la charca muestreada es 268 000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

La localidad de Valle de las Palmas (VDP), es un valle aluvial interior ubicado aproximadamente a 300 msnm. Este valle, se encuentra expuesto a usos agropecuarios y de desarrollo urbano acelerado. La geomorfología de fondo de valle presenta la asociación de las charcas vernaes y montículos *mima*, en algunos casos imperceptible por el cambio de uso de suelo y su aplanamiento consecuente. Por otro lado es notoria la presión de la ciudad en la parte noroeste con la construcción de inmuebles para vivienda y edificios industriales. Es de resaltar que además de la flora propia de chaparral, se aprecia la presencia de plantas del género *Prosopis* (mezquite). En esta localidad las charcas contempladas se hallaron al sur cerca del centro del valle y al noroeste del valle; las ubicaciones georeferenciadas al los centros de la charcas vernaes con una precisión de cuatro metros fueron, VDP1: 32.36847°N, 116.65197°W; VDP2: 32.36717°N, 116.64879°W; VDP3: 32.36715°N, 116.64746°W, el complejo cubre 287425 m<sup>2</sup> de extensión aproximadamente; VDP4:



32.39762°N, 116.73917°W ubicada al noroeste dentro de un complejo con montículos *mima* aproximadamente con 256 300 m<sup>2</sup> de extensión.

Valle de Guadalupe (VDGPE), es un valle aluvial ubicado aproximadamente a 310 msnm, es un área que sido sometida desde hace más de un siglo al cultivo, ahora principalmente de la vid. En el fondo del valle, se aprecian remanentes de un complejo de charcas vernaes asociadas a montículos “*mima*” especialmente con presencia de especies de cosmopolitas de hábitats acuáticos como *Psilocarphus brevissimus* Nutt. A pesar de las posibles condiciones a las que se ha sometido el área específicamente con motivo de la agricultura, las charcas que remanecen son evidentes. Por otra parte, algunos lotes parecen no tener uso desde hace varios años, motivo que propicia un resurgimiento de flora nativa. Las ubicaciones de las charcas exploradas con una precisión de cuatro metros fueron, VDGPE1: 32.01869°N, 116.65751°W al centro; VDGPE2: 32.03090°N, 116.65679°W; VDGPE3: 32.03905°N, 116.64942°W. El área que comprende el complejo de charcas posee una extensión aproximada de 12 369 000 m<sup>2</sup>,

La zona al norte de cabo Colonet (COL), es parte de la mesa que lleva el mismo nombre (Mesa de Colonet). Esta terraza marina alcanza una altura alrededor de los 100 msnm. Los muestreos se hicieron en charcas casi intactas por efectos antropogénicos, embebidas en el matorral costero, así como también en charcas expuestas al pastoreo por ganado. Algunas divisiones del terreno, alteraban directamente el vaso de algunas charcas. Aún así especímenes importantes fueron hallados. Las ubicaciones de las charcas geoposicionadas a partir de su centro con una precisión de once metros, fueron: COL1: 31.0955°N, 116.2910°W; COL2: 31.1336°N, 116.2945°W; COL3: 31.1416°N, 116.2850°W; COL4: 31.0146°N, 116.2927°W. Las charcas de esta localidad se hallaron dispersas y no como parte de un complejo compacto de charcas.

## 5.2 Especies de flora rara y endémica

Los hallazgos de especies florísticas raras y/o endémicas en esta temporada determinaron menor cantidad de especies de las que se esperaba para las charcas vernaes de la región mediterránea de Baja California. Las especies que no fueron registradas en ninguna de las localidades muestreadas, incluyen a *Eryngium* sp. nov. reportada como endémica de San Quintín (Harper, 2007; Clark *et al.*, 2008; Vanderplank, 2010); *Pogogyne nudiuscula* reportada para la región de Otay y sus alrededores, así como también dentro de la ciudad de Tijuana (Bauder y McMillan, 1998, Clark y Doderó, 2009); *Downingia cuspidata* reportada para Tijuana (Clark y Doderó 2009) y *Mimulus latidens* reportada para de Valle de las Palmas (Oberbauer 1992; Bauder y McMillan, 1998). Cabe mencionar que sitios cercanos al poblado de San Quintín fueron explorados con resultados negativos al encuentro con charcas vernaes (Tabla 3).

Tabla 3. Listado de flora rara y endémica hallada y no hallada en las charcas vernaes de la de Baja California en la temporada 2011-2012.

<b>Especie halladas en 2011-2012</b>	<b>Especies no halladas en 2011-2012</b>
<i>Centromadia perennis</i> (Greene) Keck	<i>Downingia cuspidata</i> (Greene) Jepson
<i>Deschampsia danthonioides</i> (Trin.) Munro	<i>Eryngium</i> sp. nov.
<i>Eryngium aristulatum</i> var. <i>parishii</i> (Coult. y Rose) Beauch.	<i>Mimulus latidens</i> (Gray) Greene
<i>Myosurus minimus</i> ssp. <i>apus</i> (Greene) Campb.	<i>Pogogyne nudiuscula</i> Gray
<i>Navarretia fossalis</i> Moran	
<i>Orcuttia californica</i> Vasey	
<i>Pogogyne</i> sp. nov.	
<i>Plagiobothrys bracteatus</i> (Howell) Johnston	
<i>Plagiobothrys leptocladus</i> (Greene) Johnston	

Las especies florísticas halladas en esta temporada dentro de la región mediterránea de Baja California se desglosan a continuación de acuerdo a la información recabada sobre su rareza y/o endemismo, así como su estatus en EE.UU en la Tabla 4 .

Tabla 4. Resumen del estatus, rareza y/o endemismo para especies florísticas de charcas vernaes de la región mediterránea de Baja California.

<b>Especie</b>	<b>Condición</b>
<i>Centromadia perennis</i> (Greene) Keck	Rara y endémica para BC, Registros en Colonet y San Quintín BC. Sin protección.
<i>Deschampsia danthonioides</i> (Trin.) Munro	Vulnerable por su asociación a Charcas Vernaes (cada vez más raro). Registros en Tijuana, Ensenada, Colonet y San Quintín. Distribución en México solo NO. Sin protección.
<i>Eryngium aristulatum</i> var. <i>parishii</i> (Coulter y Rose) Beauch.	Rara y endémica para suroeste de California y noroeste de BC. Registros en charcas de Tijuana, Colonet, San Quintín. Categoría de riesgo EE.UU. y CNPS.
<i>Eryngium</i> sp. nov.	Endémica de BC. Registrada en San Quintin. Sin protección.
<i>Myosurus minimus</i> ssp. <i>apus</i> Greene.	Rara y endémica del suroeste de California y noroeste de BC. Registrada para Tijuana, Colonet. Categoría de riesgo en CNPS.
<i>Navarrettia fossalis</i> Moran	Rara y endémica para el sur de California y BC. Registros en Tijuana, Ensenada y Colonet. Categoría de riesgo EE.UU. y CNPS.
<i>Orcuttia californica</i> Vasey	Rara para California y BC, registrada en Tijuana y Colonet. Categoría de riesgo EE.UU. y CNPS.
<i>Pogogyne</i> sp. nov.	Endémica a Valle de las Palmas Tijuana, BC. Sin protección.
<i>Plagiobothrys bracteatus</i> (Howell) Johnston	Rara en charcas de BC, límites de una distribución desde Oregon hasta NW México. Vulnerable en Oregon.
<i>Plagiobothrys leptocladus</i> (Greene) Johnston	Rara para BC reportada en San Quintin, límites de su distribución desde Oregon hasta NO México. Vulnerable en Oregon.

### 5.3 Distribución de los taxa

La distribución de los taxa de flora endémica y/o rara de la región mediterránea de Baja California se presentó de manera heterogénea tanto en cada charca como por localidad (Tabla 5). Del total de especies halladas, cuatro se registraron en una sola localidad, sin restringirse a una sola charca vernal, estos fueron: (a) *Centromadia perennis* a Colonet, (b) *Pogogyne* sp. nov. a Valle de las Palmas, (c) *Myosurus minimus* ssp. *apus* a la Mesa de Jesús María y (d) *Plagiobothrys leptocladus* en Colonet.

*Deschampsia danthonoides* fue una especie que mostró presencia en todas las localidades, ocupando casi el 60% de las charcas muestreadas. Esto refleja una distribución general en la región, contrario a la situación que se presenta en otras áreas de la Provincia Florística de California donde al parecer cada vez es más escasa (Kagan, 2008; Guillian com. per.). Cabe resaltar que en Valle de Guadalupe no se le encontró asociada a ninguna otra especie, contrario a lo que se observó en otros lugares de muestreo. Especies como *Eryngium aristulatum* var. *parishii* y *Orcuttia californica* se encontraron en dos sitios de muestreo tanto al norte como al sur de la región, estos sitios fueron la mesa de Jesús María en Tijuana y Colonet. *Navarretia fossalis*, se presentó en la parte norte de la región en las localidades de mesa Jesús María y Valle de las Palmas, las cuales distan entre si 20 km. *Plagiobothrys bracteatus* se restringió a una sola charca vernal dentro de la localidad de Valle de Guadalupe y en Jesús María (Tabla 5).

En el caso de aquellas especies cosmopolitas para humedales y zonas riparias, asociadas frecuentemente a charcas vernaes, se hallaron *Psilocarphus brevissimus*, *Crassula aquatica*, *Plantago erecta*, *Plagiobothrys acanthocarpus* y *Malvela leprosa* (Tabla 6). Por otro lado, se registró también dentro de los márgenes de la charca la presencia de especies exóticas como *Atriplex* sp. y *Erodium* sp. en Colonet, Valle de las Palmas y la mesa de Jesús María.

Para las charcas de mayor tamaño ubicadas en la mesa de Jesús María y Colonet la distribución observada de las especies vegetales dentro de la cuenca fue: la charca JM1 ubicada en la mesa de Jesús María presentó una distribución heterogénea de especies, en donde en el sitio de muestreo que se tomó de la orilla de la charca se hallaba *Orcuttia californica* asociada a *Deschampsia dantonoides*. Por otra parte, las especies *Myosurus minimus* ssp. *apus*, *Navarretia fossalis* y *Plagiobothrys leptocladus* se asociaban en el punto tomado como el centro de la charca; *Eryngium aristulatum* var. *parishii* compartió ambos puntos. En la charca de Colonet, COL3 se observó que *Centromadia perennis* se restringía al punto más profundo del vaso, tomado como centro de la charca y *Plagiobothrys leptocladus* en un punto cercano al borde de la charca. Para COL4 nuevamente *C. perennis* fue encontrada en la parte más profunda del vaso y por el otro lado *Eryngium aristulatum* var. *parishii* en un punto más cercano al margen de la charca.

Tabla 5. Matriz binaria que representa la presencia y ausencia de especies raras y endémicas en las charcas de Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VGPE) y mesa de Jesús María (JM). 0= ausencia, 1 = presencia.

<b>ESPECIE/CHARCA</b>	<i>VDP1</i>	<i>VDP2</i>	<i>VDP3</i>	<i>VDP4</i>	<i>COL1</i>	<i>COL2</i>	<i>COL3</i>	<i>COL4</i>
<i>Centromadia perennis</i>	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Eringyum aristulatum</i> var. <i>parishi</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Myosurus minimus</i> ssp. <i>apus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navarretia fossalis</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Orcuttia californica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pogogyne</i> sp nov.	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Deschampsia danthonoides</i>	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Plagiobothrys bracteatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plagiobothrys leptocladus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0
<b>ESPECIE/CHARCA</b>	<i>VDGPE1</i>	<i>VDGPE2</i>	<i>VDGPE3</i>	<i>JM1</i>				
<i>Centromadia perennis</i>	0	0	0	0				
<i>Eringyum aristulatum</i> var. <i>parishi</i>	0	0	0	1				
<i>Myosurus minimus</i> ssp. <i>apus</i>	0	0	0	1				
<i>Navarretia fossalis</i>	0	0	0	1				
<i>Orcuttia californica</i>	0	0	0	1				
<i>Pogogyne</i> sp nov.	0	0	0	0				
<i>Deschampsia danthonoides</i>	1	1	1	1				
<i>Plagiobothrys bracteatus</i>	0	0	1	1				
<i>Plagiobothrys leptocladus</i>	0	0	0	0				

Tabla 6. Matriz binaria de presencia y ausencia de especies cosmopolitas en charcas vernaes de las localidades Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VDGPE) y mesa de Jesús María (JM). 0= ausencia, 1 = presencia.

<b>ESPECIE/CHARCA</b>	<i>VDP1</i>	<i>VDP2</i>	<i>VDP3</i>	<i>VDP4</i>	<i>COL1</i>	<i>COL2</i>	<i>COL3</i>	<i>COL4</i>
<i>Crassula aquatica</i>	1	0	1	0	1	0	1	0
<i>Malvela leprosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plagiobothrys acanthocarpus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago erecta</i>	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Psilocarphus brevissimus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0
<b>ESPECIE/CHARCA</b>	<i>VDGPE1</i>	<i>VDGPE2</i>	<i>VDGPE3</i>	<i>JMI</i>				
<i>Crassula aquatica</i>	1	1	0	1				
<i>Malvela leprosa</i>	0	0	0	1				
<i>Plagiobothrys acanthocarpus</i>	0	0	0	0				
<i>Plantago erecta</i>	1	0	0	1				
<i>Psilocarphus brevissimus</i>	1	1	0	1				



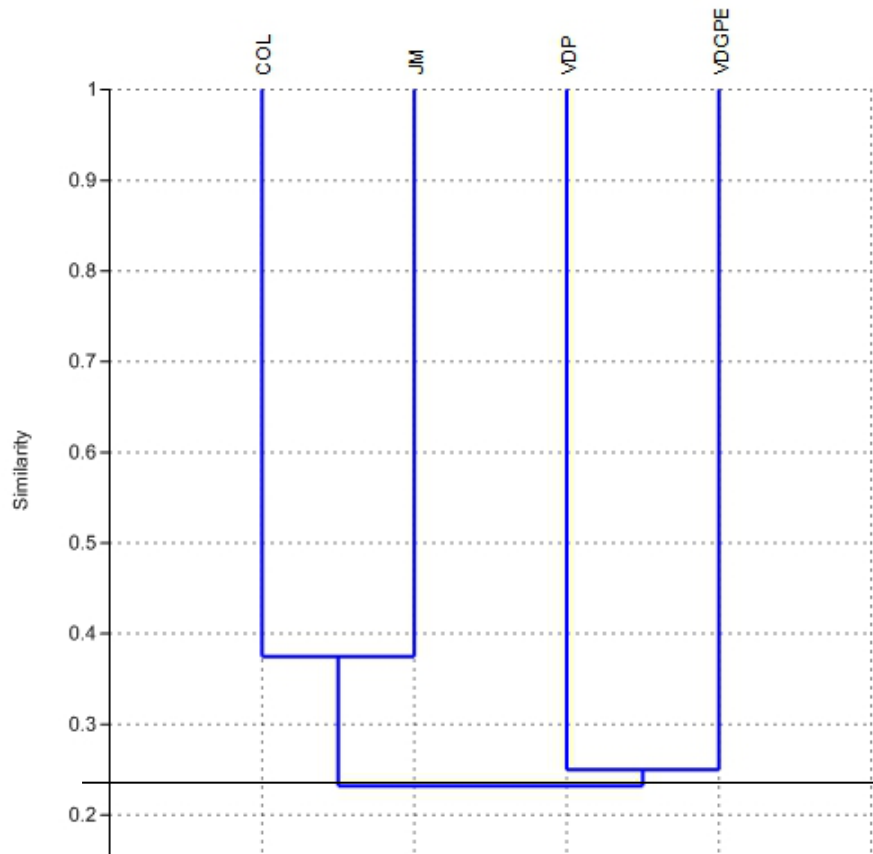
#### 5.4 Riqueza y similitud entre localidades

Para doce charcas vernaes distribuidas en cuatro localidades a lo largo de la región mediterránea de Baja California la riqueza específica total fue de:  $S = 9$  taxa; riqueza de Margalef,  $D_{Mg} = 2.455$ ; riqueza Menhinick,  $D_{mn} = 1.765$ . Las localidades costeras mostraron valores de riqueza mayores con respecto a los valles. La charca grande de la mesa de Jesús María a pesar de ser la única muestreada posee la mayor riqueza de especies raras y endémicas de la región (Tabla 7).

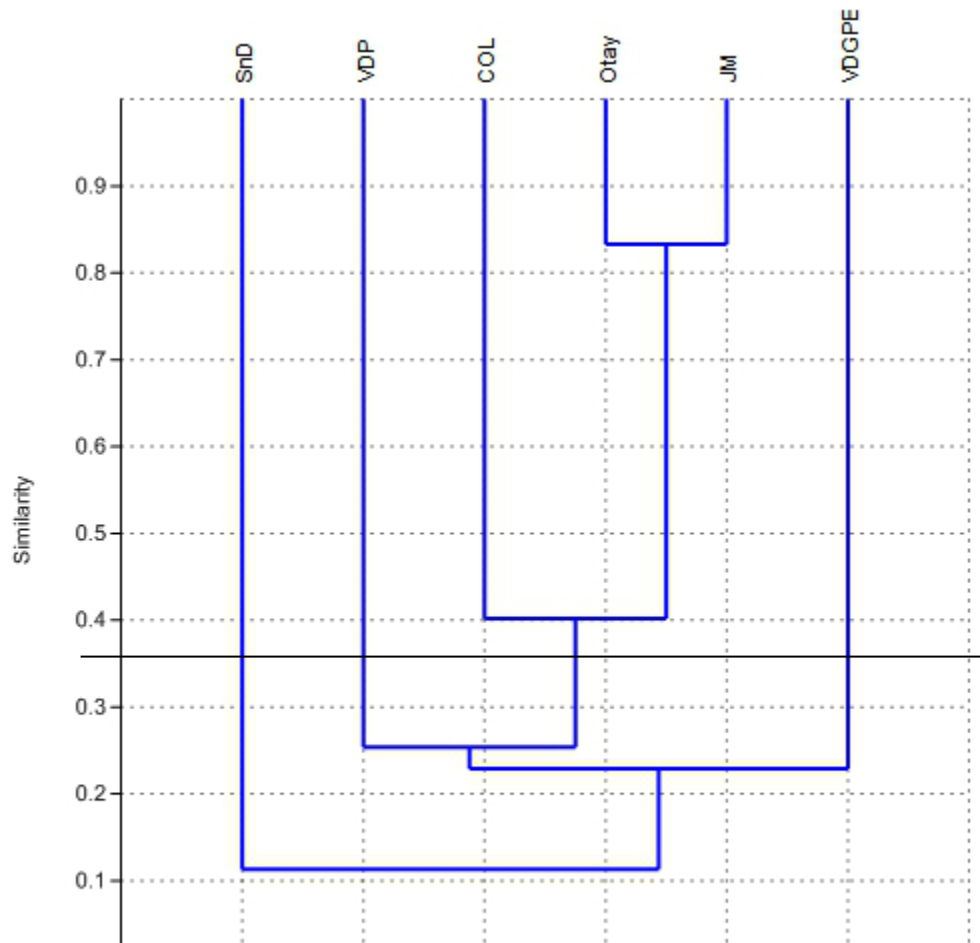
Tabla 7. Índices de riqueza de Margalef, Menhinick y riqueza específica de especies por charca y localidad: Valle de las Palmas (VDP), Colonet (COL), Valle de Guadalupe (VGPE) y mesa de Jesús María (JM).

	VDP1	VDP2	VDP3	VDP4	COL1	COL2	COL3	COL4
<b>Riqueza Específica por charca</b>	2	2	1	2	3	2	2	2
<b>Riqueza por localidad</b>	VDP = 3				COL = 5			
<b>Margalef</b>	1.028				1.82			
<b>Menhinick</b>	1.134				1.667			
	VDGPE 1	VDGPE 2	VDGPE 3	JM1				
<b>Riqueza Específica por charca</b>	1	1	2	6				
<b>Riqueza por localidad</b>	VDGPE=2			JM=6				
<b>Margalef</b>	0.9102			2.791				
<b>Menhinick</b>	1.155			2.449				

En el análisis por clúster basado en la presencia o ausencia de las nueve especies raras y endémicas halladas en la región, no se observa una agrupación determinante, sin embargo, con valores bajos de similitud se asocian las localidades Colonet y la mesa de Jesús María que son localidades en terrazas costeras de acuerdo a su geomorfología y por otro lado con un muy bajo coeficiente de similitud los valles interiores, Valle de Guadalupe y Valle de las Palmas (Figura 7). Por otra parte al incluir en el análisis por clúster a las localidades de Bauder y McMillan (1998), San Diego y Otoy en California con las localidades de Baja California, utilizando datos con las mismas especies buscadas en este estudio, se obtuvieron cuatro grupos (Figura 8).



**Figura 7. Dendrograma del análisis por clúster de las localidades Colonet (COL), Jesús María (JM.) Valle de las Palmas (VDP), y Valle de Guadalupe (VDGPE) en base a especies raras y endémicas presentes. La línea es la división arbitraria que define a los grupos.**



**Figura 8.** Dendrograma del análisis por clúster de las localidades Colonet (COL), Jesús María (JM.) Valle de las Palmas (VDP) y Valle de Guadalupe (VDGPE), San Diego (SnD) y Otay en base a especies raras y endémicas presentes. La línea es la división arbitraria que define a los grupos.

#### 4.5 Propiedades fisicoquímicas del suelo

Al examinar los valores de las propiedades como el pH, se observó que seis de los sitios de muestreo presentaron una condición neutra, ocho levemente ácida y solo uno levemente alcalina según estándares de la Norma Oficial Mexicana, NOM-021-REC-NAT-2000 (SEMARNAT, 2002). También se obtuvieron valores característicos de suelos no salinos ni sódicos de acuerdo con Horneck et al. (2007) reflejado en los valores de conductividad los cuales se hallaron en un rango que va desde 0.07 al 0.81 mmhos/cm<sup>2</sup>; CIC un rango de los 4.3 a los 30 meq/100g, y el sodio intercambiable presentó un 12.4%, por debajo de los porcentajes de calcio, magnesio y potasio intercambiables (Tabla 8 y Tabla 9).

Al analizar los valores promedio para cada localidad se determinaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis entre las propiedades potasio (K), azufre (S), boro (B) y hierro (Fe) (Tabla 10).

Contrastando datos para suelos que no pertenecen a charcas vernaes mostrados en la Tabla 11 y suelos de charcas vernaes, se reconoció que el contenido en el suelo de calcio (Ca) posee los niveles más altos de concentración, seguido por magnesio (Mg) y potasio (K) en sitios dentro y fuera de las charcas. No obstante, para los suelos fuera de las charcas el contenido de sodio (Na) que presentan en promedio posee niveles mayores que el suelo de charcas vernaes, sobrepasando incluso la concentración del Ca en el sitio VDGPE02, situación que no sucede en ninguna muestra del suelo de charcas vernaes. Así mismo la conductividad eléctrica (Cond) es mayor para los suelos fuera de las charcas. Por otra parte la concentración de fósforo (P) en el suelo de charcas es mucho mayor que la que presenta el suelo que no pertenece a charcas. El porcentaje de materia orgánica (MO) de las charcas vernaes en promedio es mayor al suelo de sitios fuera de las charcas; las charcas en Colonet y la mesa de Jesús María poseen porcentajes de MO más altos en comparación a las otras dos localidades. Para los micronutrientes zinc (Zn) y cobre (Cu) se mostraron en mayor concentración para las localidades de Colonet y Jesús María, el manganeso (Mn) fue mayor en promedio para Valle de Guadalupe.

Tabla 8. Propiedades fisicoquímicas del suelo para los sitios de muestreo en las charcas vernaes (1,2,3 y 4) de las localidades Valle de Guadalupe (VDGPE) y Valle de las Palmas (VDP).

	VDGPE1	VDGPE2	VDGPE3	VDP1	VDP2	VDP3	VDP4
P (ppm)	10	12	15	79	22	29	20
K (ppm)	106	169	89	277	648	471	363
Ca (ppm)	789	1053	886	1058	2568	1691	2033
Mg (ppm)	389	572	263	336	1344	736	934
S (ppm)	3	4	12	5	3	5	8
B (ppm)	0.5	0.7	0.7	0.8	1	1	0.9
Cu (ppm)	1.9	2	2.4	3.5	2.6	3.4	2.1
Fe (ppm)	207	326	379	371	147	242	199
Mn (ppm)	44	63	55	187	206	172	44
Zn (ppm)	0.9	1.4	1.7	3.2	1	1.5	1.7
Na (ppm)	128	86	65	100	100	75	124
pH	6.5	6.4	6.4	6.1	7	6.3	6.7
MO %	1.7	2.3	2.7	2.6	1.9	2.5	2.8
Cond mmhos/cm	0.08	0.09	0.07	0.08	0.12	0.09	0.14
CIC meq/100g	7.5	10.2	6.6	9.1	22.4	15.4	17.4
%K	3.4	4	3.3	7.3	7	7.4	5
%Ca	41.4	40.8	53	45.9	45.3	43.4	46.2
%Mg	39.8	43	30	28.3	46	36.6	41.2
%H	7.5	9	9	14.1	0	10.5	4.5
%Na	7.4	3.7	4.3	4.8	1.9	2.1	3.1

Fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), sodio (Na), porcentaje de iones de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (Cond), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de cationes intercambiables (%K, %Ca, %Mg, %H, %Na).

Tabla 9. Propiedades fisicoquímicas del suelo para los sitios de muestreo en las charcas vernaes (1, 2, 3 y 4) de las localidades mesa Jesús María (JMc=centro, JMo=orilla) y Colonet (COLc=centro, COLo=orilla).

	JMo	JMc	COL1	COL2	COL3o	COL3c	COL4o	COL4c
P (ppm)	87	63	16	12	154	20	20	75
K (ppm)	375	357	275	287	720	201	294	193
Ca (ppm)	2062	2402	478	777	3363	2669	5473	1538
Mg (ppm)	626	870	157	349	1366	688	915	447
S (ppm)	18	19	7	10	177	19	13	10
B (ppm)	2.1	1.7	0.7	1	0.9	1	0.9	0.4
Cu (ppm)	4	3.3	1.1	2.1	4.2	3.3	3.4	4.3
Fe (ppm)	397	232	91	188	190	156	67	116
Mn (ppm)	90	96	87	147	102	80	161	16
Zn (ppm)	8.6	3.8	9.3	1.9	3.2	1.3	0.2	5.5
Na (ppm)	95	1.32	123	182	64	72	96	24
pH	6.6	7	8.2	7	6.1	6.3	6.9	5.9
MO %	3.9	2.8	0.7	1.8	3.6	3.5	3.8	3
Cond mmhos/cm	0.14	0.14	0.35	0.56	0.81	0.4	0.08	0.11
CIC meq/100g	15.2	17.6	4.3	7.2	30	18.6	30.2	12.7
%K	5.9	4.9	15.4	9.6	5.8	2.6	2.3	3.7
%Ca	53.6	53.9	43.9	42.6	44.3	56.7	71.6	47.8
%Mg	31.6	37.9	28	37.2	34.9	28.4	23.2	27
%H	6	0	0	0	14	10.5	1.5	21
%Na	2.7	3.3	12.4	11	0.9	1.7	1.4	0.8

Fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cobre (Cu), fierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), sodio (Na), porcentaje de iones de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (Cond), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de cationes intercambiables (%K, %Ca, %Mg, %H, %Na).

Tabla 10. Comparación de promedios de los parámetros fisicoquímicos del suelo de charcas vernaes por localidad.

	JM	VDGPE	VDP	COL	<i>p</i>
P (ppm)	75	12.3	37.5	49.4	0.06
K (ppm)	366	121.3	439.75	328.3	0.03
Ca (ppm)	2232	909.3	1837.5	2383	0.35
Mg (ppm)	748	408	837.5	653.6	0.44
S (ppm)	18.5	6.3	5.25	39.3	0.04
B (ppm)	1.9	0.63	0.93	0.81	0.04
Cu (ppm)	3.65	2.1	2.9	3.06	0.27
Fe (ppm)	314.5	304	239.75	134.6	0.02
Mn (ppm)	93	54	152.25	98.33	0.2
Zn (ppm)	6.2	1.3	1.85	3.56	0.21
Na (ppm)	48.16	93	99.75	93.5	0.55
pH	6.8	6.43	6.53	6.7	0.77
MO %	3.35	2.23	2.45	2.73	0.27
Cond mmhos/cm	0.14	0.08	0.11	0.39	0.08
CIC meq/100g	16.4	8.1	16.07	17.16	0.38
%K	5.4	3.56	6.68	6.56	0.27
%Ca	53.75	45.06	45.2	51.15	0.25
%Mg	34.75	37.6	38	29.78	0.15
%H	3	8.5	7.28	7.83	0.72
%Na	3	5.13	2.97	4.7	0.5

Fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cobre (Cu), fierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), sodio (Na), porcentaje de iones de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (Cond), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de cationes intercambiables (%K, %Ca, %Mg, %H, %Na).

Tabla 11. Propiedades fisicoquímicas de suelos de la región mediterránea de Baja California (datos INEGI): Valle de Guadalupe (VDGPE), carretera Ensenada-Tijuana Km 120 (Escénica1) y Colonet (COL).

	VDGPE02	Escénica1	COL 177	COL 176	COL 170	COL 171	COL 172
pH	7.6	7	8.1	7.9	8.1	6.3	6.2
MO %	0.8	1.4	1	0.6	0.5	0.8	1.6
CIC meq/100g	32.8	13.8	6.5	7	32	13	19
Ca (ppm)	2384	1683	821	821	3687	981	1563
Mg (ppm)	1276	462	218	231	1301	194	912
Na (ppm)	2530	529	207	184	1311	23	69
K (ppm)	508	273	312	195	273	39	508
P (ppm)	5.3	6.7	6.5	3.4	2.4	1.7	1.8
Cond mmhos/cm	35	4.5	1	1	3.5	1	1

Fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), porcentaje de iones de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (Cond), capacidad de intercambio catiónico (CIC).



## 5.6 Relación flora-suelo

En el Análisis de Componentes Principales con base en la presencia y ausencia de especies por sitio de muestreo, se obtuvieron dos componentes los cuales describen un 40.168% de la varianza. La distribución teórica de las especies raras y endémicas de la región con respecto a los ejes significativos no presentó un patrón claro de distribución por localidades como el que se observó en el estudio (Figura 9). De acuerdo con el modelo de bastón roto los componentes dos y tres fueron los más significativos en el análisis (Figura 10).

De 21 análisis de correlación modelados entre los valores que forman a los ejes significativos del PCA y las propiedades físicoquímicas del suelo, ninguno mostró una correlación lineal significativa. De tal forma que este resultado sugiere que ninguna propiedad de fertilidad por si sola es determinante del patrón PCA para las especies.

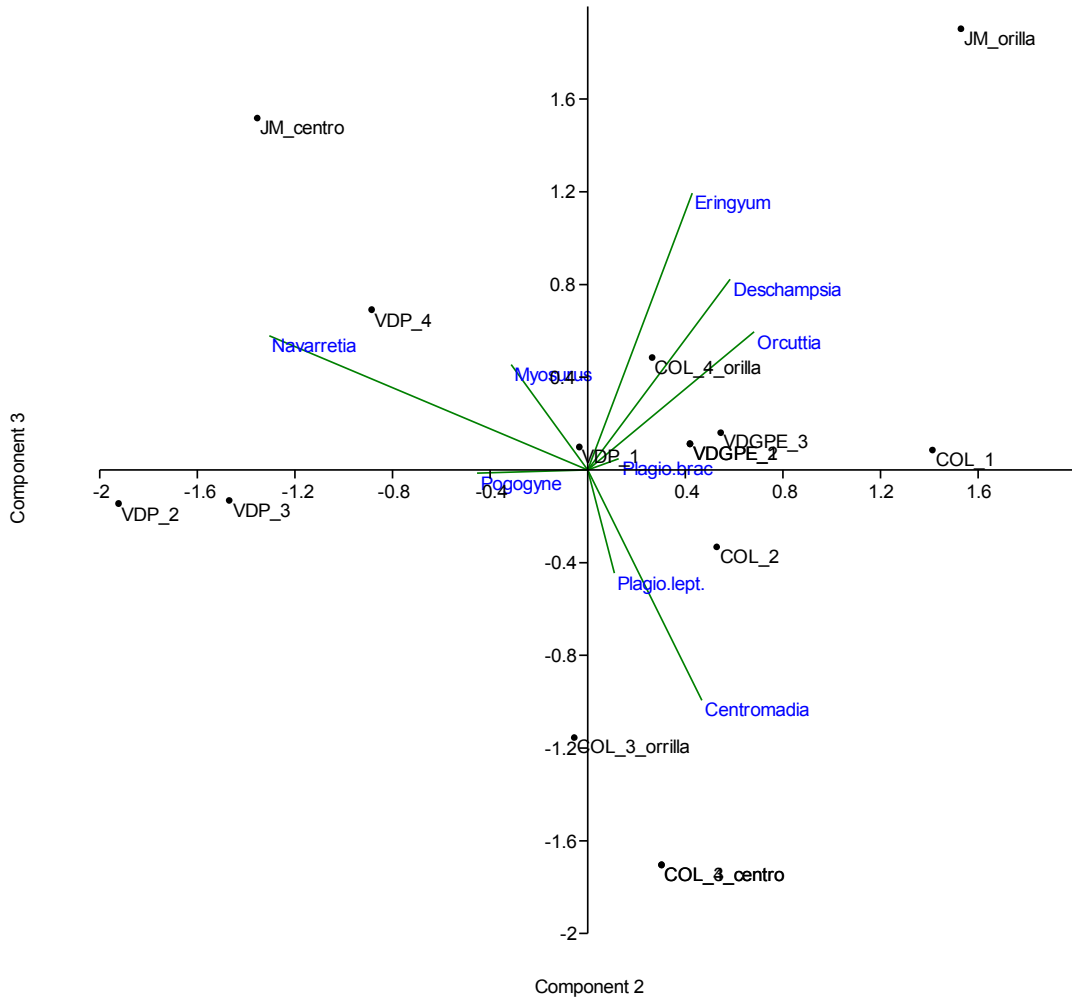


Figura 9. Diagrama de dispersión de especies raras y endémicas de la región mediterránea de BC con respecto a los ejes significativos en el análisis del PCA.

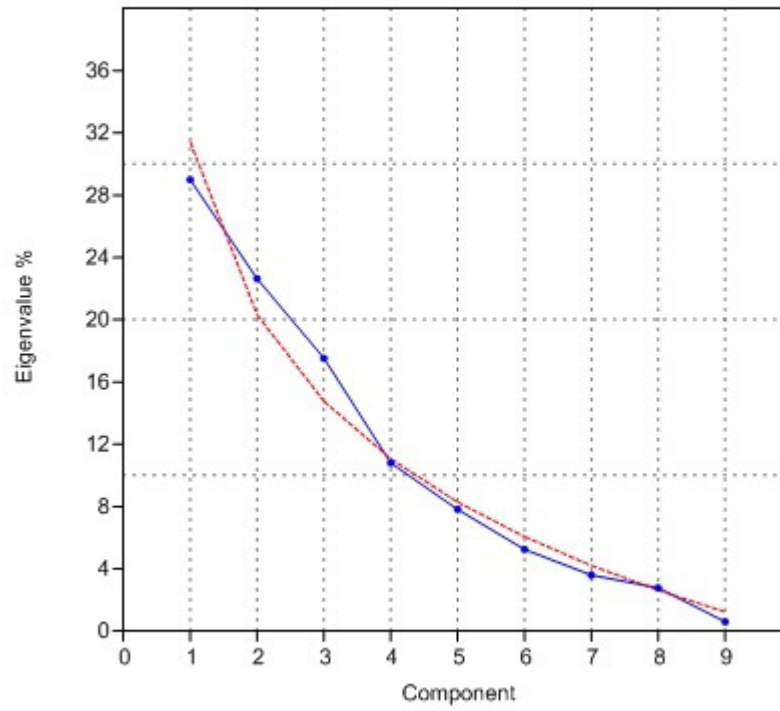


Figura 10. Gráfico donde se muestran los componentes significativos de acuerdo al modelo de bastón roto para en el PCA. Los componentes significativos se muestran por encima de la curva.

## **6. DISCUSIÓN**

### **6.1 Localización de charcas vernaless**

Se presume que con el paso del tiempo se han perdido áreas de Baja California que albergaban charcas vernaless, datos precisos sobre este suceso aún están en proceso, estimando una pérdida de al menos un 96% del territorio original cubierto por charcas vernaless, tomando en cuenta desde finales del siglo XIX cuando Orcutt describió algunas especies de estos humedales (Guilliams en prep.). De aquellas localidades exploradas por Orcutt, el Valle de Guadalupe sigue albergando charcas vernaless y remanentes de vegetación típica de estos humedales temporales.

De acuerdo con Morán (1984) quien realiza uno de los estudios más extensos sobre las charcas vernaless de Baja California, Oberbauer (1992, 2010), Bauder y McMillan (1998), Clark (2008) y Harper *et al.* (2011), las localidades de Valle de las Palmas como Colonet son localidades que a pesar del tiempo confirmamos la existencia de charcas vernaless para la temporada en que se llevó a cabo este estudio. Así mismo para la mesa de Jesús María, en Tijuana se corroboró la existencia charcas vernaless, lo que coincide con el reporte de Clark y Doderó (2011) para lo que parece ser el último remanente de charcas vernaless de la frontera noroeste de México.

Localidades como la Misión, San Vicente, San Quintín entre otras en las que Moran (1984) reporta especies asociadas a charcas vernaless y taxa raros y/o endémicas aún faltan por ser explorados con continuidad.

### **6.2 Ocurrencia de especies raras y endémicas**

El monitoreo de especies raras y endémicas en una sola temporada no resulta determinante para las charcas vernaless en términos de riqueza de especies, ya que este varía por distintas

razones en estudios de biodiversidad (Jiménez y Hortal, 2003).

Para las charcas vnales, la temporalidad que define al ecosistema es una fuerte razón que determina la presencia de aquellas especies estrechamente asociadas al ecosistema, incluyendo a las especies raras y endémicas (Zedler, 1987), esta temporalidad relacionada al régimen climático de la región mediterránea (precipitación en invierno), afecta en cada temporada el esfuerzo de muestreo. Clark y Doderó (2009) muestrearon el área de la mesa de Jesús María seis veces en un periodo de cinco años (2001-2005) eligiendo en cuatro ocasiones el final de la temporada de lluvias, ellos obtuvieron un listado de dieciséis taxa asociados a charcas vnales de las cuales cinco se consideran raras y/o endémicas para este estudio, no obstante en su registro no se menciona a *Orcuttia californica*, la cual sí se registró en este estudio para la temporada 2012.

El muestreo, también se ve afectado por la dinámica en la hidrología de las charcas vnales, envuelta en el factor climático no solo a una escala temporal como se señaló en el punto anterior, sino también a una escala espacial. La temporada de lluvias en la región mediterránea que transcurre en los meses de invierno, fue pronosticada como pobre para la temporada 2012 (CICESE, 2011; CMN, 2011). Este aspecto tan relacionado con la hidrología de las charcas afecta de manera directa a la vegetación, ya que las condiciones de humedad permanecen si la charca posee mayores dimensiones (Bauder, 2005). De tal forma que la poca entrada de agua a las charcas pudo haber limitado la aparición y frecuencia de ciertas especies en alguna(s) de las localidades muestreadas.

Otro aspecto que probablemente intervino para los muestreos de la flora, fue que las localidades estudiadas se hallaron en áreas expuestas a actividades agropecuarias afectando con diferente intensidad a las comunidades florísticas; la presencia de ganado fue evidente en varios sitios de la región. Aunado a esto, especies como *Eryngium aristulatum* var. *parishii*, *Deschampsia danthonoides*, *Orcuttia californica* y *Plagiobotrys* sp., relevantes para este estudio, presentaron evidencia física, de lesiones ocasionadas por el pastoreo.

### 6.3 Distribución de especies

- *Centromadia perennis* (Keck) Greene

En esta temporada se encontró restringida a la Mesa de Colonet con cierta tendencia a colonizar las partes más profundas de los vasos de las charcas. Moran (1984) Oberbauer (1992) y Clark *et al.* (2008) señalan la presencia del taxón en charcas de la Mesa de Colonet; estos dos últimos se refieren a esta especie como endémica para Baja California. Wiggins (1980) la reporta en mesas y cañones cercanos al pueblo de San Vicente y San Antonio del Mar lo cual no se corroboró en esta temporada. Así mismo Vanderderplak (2010) reportó la presencia de este taxón pero en una sola temporada en el ejido El Papatote, San Quintín. Esta especie no cuenta con estatus de protección y podemos respaldar su endemidad, con necesidad de mayor estudio de las localidades de Wiggins.

- *Deschampsia danthonioides* Trin.

En la presente temporada fue hallada en varias charcas de la región estudiada, desde Tijuana, hasta Colonet, lo cual coincide con lo que reporta Wiggins (1980), quien menciona que se distribuye en áreas de matorral costero del noroeste de Baja California. Se sabe que está estrechamente asociada a charcas vernaes de la Provincia Florística de California, motivo por el cual se ve amenazada con la desaparición de su hábitat (Kagan et al. 2004; Guilliams com. per.). No obstante Moran (1984) menciona su ocurrencia en depresiones artificiales que captan suficiente humedad, situación que no se observó. El taxón no presenta estatus en California, sin embargo en Oregon que es el límite norte de la Provincia Florística de California, está catalogada como en riesgo en el documento “At-risk Wetland Plant Associations” (Christy, 2009).

- *Eryngium aristulatum* var. *parishii* (Coulter y Rose) Beach.

Esta especie fue hallada en charcas con suelos húmedos tanto al norte como al sur de la región mediterránea. Posiblemente fue común en vasos de charcas vernaes entre la ciudad de Ensenada y San Vicente (Wiggins, 1980). Ha sido reportada anteriormente de las

siguientes localidades: en Tijuana, en el aeropuerto, Ejido Matamoros y Mesa de Jesús María (Moran, 1984; Bauder y McMillan, 1998; Clark y Dodero, 2011); en Mesa La Misión (Moran, 1984; la cual no fue explorada para el presente trabajo); en Mesa de Colonet y ejido Rubén Jaramillo al sur de Colonet (Moran 1984; Oberbauer, 1992; Clark *et al.* 2008; USFWS, 1998), donde las charcas ya estaban en un estado deteriorado, con señales de pastoreo y presencia de ganado que dificulta el acceso; en el ejido El Papalote cerca de San Quintín (Moran, 1984) previo a la documentada extirpación de este sitio (Vanderplank, 2010). Su escasa ocurrencia en EE.UU. y alta vulnerabilidad debido a la estrecha asociación con charcas vernaes le coloca en categoría de riesgo (CNPS, 2012).

- *Myosurus minimus* spp. *apus* (Greene) Campb.

Su distribución coincide con los registros de Clark y Dodero (2009), se registró una población en Tijuana en la mesa de Jesús María que es un lugar cercano a la región de Otay y adyacente al cerro San Isidro. Ha sido registrada en charcas vernaes de sitios con montículos *mima* en el aeropuerto de Tijuana, en ranchos al del sur de Valle de las Palmas (Moran, 1984; Bauder y McMillan, 1998), mesas costeras de Eréndira, la Misión, Colonet (Moran, 1984; Oberbauer, 1992; Clark *et al.* 1998; Harper *et al.* 2011). Es de notar que Moran (1984) la reporta de depresiones artificiales de desagüe al costado de la carretera en las cercanías a El Cóndor. La especie posee el estatus de protección por categoría de riesgo en listados de la Sociedad de Plantas Nativas de California (Bauder y McMillan, 1998; USFWS, 1998; Harper, 2011; CNPS, 2012).

- *Navarretia fossalis* Moran

En esta temporada fue registrada en charcas vernaes de Tijuana en un estado deteriorado debido a su localización dentro de lotes de terreno para pastoreo, también hallada bajo presión urbana a las afueras de la ciudad. En el pasado poblaciones habían sido registradas para el aeropuerto de Tijuana, Valle Redondo, mesa la Misión, Eréndira, Colonet y alrededores, así como sitios cercanos a San Quintín (Moran, 1984). Recientemente se registró para la mesa de Jesús María (Clark y Dodero, 2009). Wiggins (1980) menciona que

no solo se hallan en charcas vernaes, sino que también en depresiones artificiales de sitios del Tijuana, como Valle de las Palmas (Bauder y McMillan, 1998). El taxón fue colocado en un estatus de protección en listados a nivel estatal (California) y federal en EE.UU. en la categoría de amenazada (CNPS, 2012). También, CNPS (2012) señaló su endemidad compartida con la región fronteriza de Baja California.

- *Orcuttia californica* Vasey

Para esta temporada el taxón ocurrió en charcas consideradas en buen estado de conservación en Tijuana y Colonet únicamente, contrario a lo reportado por Clark y Dodero (2011) para la Mesa de Jesús María en Tijuana, a pesar de la cercanía a poblaciones de Otay en San Diego. Ha sido registrada en mesas entre Tijuana y Ensenada (Wiggins, 1980), algunos ejemplares colectados cerca del aeropuerto de Tijuana, en charcas de la mesa Colonet (Moran, 1984; U.S. FWS, 1998, Clark *et al.* 2008). Moran (1984) la reporta también en depresiones artificiales desde Colonet hasta San Quintín. Posee protección bajo un estatus de amenazada tanto en California, como en listados a nivel federal de EE.UU. (CNPS, 2012)

- *Pogogyne* sp nov.

El género *Pogogyne* comprende flora herbácea anual glabras o pubescentes, punctatas o glandulares, aromáticas. Hojas espatuladas u ovoides; flores dispuestas en verticilos bracteados formando espigas densas en sus extremos; las brácteas y los cálices son ciliados o glabrosos. Calix profusamente hendido en 5 porciones, con dos dientes posteriores de mayor tamaño que los anteriores, el tubo generalmente con 15 nervios y glabroso en el interior. Corola azul o púrpura, tubular en forma de embudo, el labio superior erecto. Cuatro estambres anteríferos, con un par de menor tamaño estéril. Morfológicamente, las especies varían según el tamaño de sus corolas y estambres principalmente. Este taxón aún no descrito, fue diferenciado por McMillan (1995) de otras especies de *Pogogyne* que ocurren en el sur de California argumentando que esta población mexicana diverge morfométricamente con las poblaciones de *P. nudiuscula* y *P. abramsii*. Así mismo, Bauder



y McMillan (1998) y otros (Harper, com per.; Guilliams com per.) comentan su altísima restricción geográfica, conocida únicamente a la localidad de Valle de las Palmas, en esta temporada esta especie fue hallada en la parte Sur-Occidental de esta misma localidad.

- *Plagiobothrys bracteatus* (Howell) Johnston

Ha sido registrada en los alrededores de Ensenada y sitios de la frontera entre México y EE.UU. (Wiggins, 1980), lo que coincide con esta temporada, registrada para Valle de Guadalupe y la mesa de Jesús María, Tijuana. Se ha registrado también en Colonet y San Quintín en las cercanías del ejido Papalote (Moran, 1984). Bauder y McMillan (1998) la reportan para el valle Hemet en el sur de California. No se encuentra en alguna lista que determine su estatus; sin embargo, se asocia a las charcas vnales en los límites norteños de su distribución (Oregon) y le sitúan como una posible especie vulnerable (Kagan *et al.* 2004), situación que se presume homóloga al ser reportada solo en charcas vnales del límite sur de su distribución en Baja California, México (Guilliams com. per.).

- *Plagiobothrys leptocladus* (Greene) Johnston

Ha sido registrada en charcas vnales poco profundas del norte de Baja California (Wiggins, 1980). Moran (1984) menciona que es común en mesas entre La Misión y San Miguel; En esta temporada se registra para Colonet únicamente localidad cercana al registro de Vanderplank (2011) quien la reporta para ejido El Papalote en San Quintín. Al igual que *P. bracteatus*, su situación en México es de interés por encontrarse en los límites de su distribución y su estrecha asociación a las charcas vnales, suponiendo una situación similar a lo que ocurre en el límite norte de su distribución en Oregon donde se cataloga como vulnerable (Kagan, 2004; Christy, 2009; Guilliams com. per.).

Las especies halladas para este estudio poseen un conocimiento respaldado por listados oficiales en EE.UU. en cuanto a su endemismo y rareza, que puede ser utilizado para elaborar un perfil de acuerdo al Método de Evaluación de Riesgo e incorporarlas a la lista de especies en riesgo de la NOM-059. Tal es el caso *Centromadia perennis*, que cuenta con

registros confiables desde Moran (1984) hasta registros actuales como los descritos por Vanderplank (2010) en los que se comenta sobre su distribución y restricción de hábitat, vulnerabilidad entre otras características que se toman en cuenta para otorgarle una categoría de riesgo y protección. Otra especie que presenta una distribución muy restringida es *Pogogyne* sp. nov. localizada únicamente en Valle de las Palmas, quizá la más vulnerable a la extinción por la presión urbana sobre su hábitat.

#### 6.4 Riqueza de especies raras y endémicas

De la literatura revisada como base para construir un listado de especies raras y endémicas, solamente Morán (1984), Bauder y McMillan, Clark y Doderó (2011) así como también Harper (2011) ofrecen un listado específico que engloba algunas especies indicadoras, asociadas y raras de las charcas vernaes en Baja California, el resto de la literatura menciona superficialmente la presencia de aquellas que se consideran importantes por su endemismo o rareza. Cabe mencionar que en este estudio el cálculo de las riquezas de Margalef y Menhinick se utilizaron de manera exploratoria con el objeto de dar una idea con respecto a las especies raras y endémicas y los individuos muestreados, que fue uno solo por especie en cada sitio. Generalmente al evaluar zonas con vegetación, los valores inferiores a 2 son considerados de baja biodiversidad resultado de efectos antropogénicos, valores superiores a 5 son indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1995); por lo tanto a futuro se recomienda el énfasis en contabilizar los individuos por especie.

Al analizar los registros de Moran (1984), quien realizó muestreos en diferentes años, para diez localidades presenta a las especies *Deschampsia danthonioides*, *Eryngium aristulatum* ssp. *parishii*, *Centromedias perennis*, *Navarretia fossalis*, *Mimulus latidens*, *Myosurus minimus* var. *apus*, *Orcuttia californica*, *Plagiobothrys bracteatus*, *Plagiobothrys leptocladus* y *Pogogyne nudiuscula* de tal forma que la riqueza específica que él reporta para la región con respecto a las especies raras y endémicas es de diez taxa (S= 10), semejante a lo obtenido para la temporada 2011 de este estudio para la región (S=9).

Por localidad la riqueza de especies raras y endémicas para Valle de las Palmas difiere entre este estudio con Moran (1984), así como también Bauder y McMillan (1998) quienes registran una riqueza de cinco taxa ( $S=5$ ); el primer autor registra *Deschampsia danthonioides*, *Navarretia fossalis*, *Mimulus latidens*, *Myosurus minimus* var. *apus* y *Pogogyne nudiuscula*; los segundos registran las mismas especies pero varían por el registro de *Pogogyne* sp. nov. en vez de *Pogogyne nudiuscula*.

Para Colonet la riqueza de especies varía entre lo reportado en este estudio y Moran (1984) quien reporta seis taxa, *Eryngium aristulatum* ssp. *parishii*, *Centromadia perennis*, *Navarretia fossalis*, *Myosurus minimus* var. *apus*, *Orcuttia californica* y *Plagiobothrys leptocladus*. Por otro lado, Harper (2011) quien realizó un compendio con especímenes de Moran (1985), Thorne (1985) y Vanderplank (2008) difiere de este estudio, presentando una riqueza de nueve taxa ( $S=9$ ) para esta misma localidad, incorporando a *Deschampsia danthonioides*, *Eryngium aristulatum* ssp. *parishii*, *Centromadias perennis*, *Navarretia fossalis*, *Mimulus latidens*, *Myosurus minimus* var. *apus*, *Orcuttia californica*, *Plagiobothrys bracteatus* y *Plagiobothrys leptocladus*.

Para la mesa de Jesús María la riqueza de especies raras y endémicas que se obtiene en este estudio ( $S=6$ ) es mayor a la reportada por Clark y Doderó (2011) quienes reportan cinco taxa ( $S=5$ ), *Eryngium aristulatum* ssp. *parishii*, *Downingia cuspidata*, *Myosurus minimus* var. *apus* y *Navarretia fossalis*. Para la localidad Valle de Guadalupe, no se encontró literatura puntual sobre las especies residentes en estas charcas vernaes.

Por otro lado Morán (1984), Bauder y McMillan, Clark y Doderó (2011) así como también Harper (2011) reportan para todas las localidades a los taxa cosmopolitas *Crassula aquatica*, *Malva leprosa*, *Plantago erecta*, *Psilocarphus brevissimus* y *Plagiobotris acanthocarpus* taxa hallados en este estudio también para todas las localidades.

Tomando en cuenta registros históricos de estas cuatro localidades, la mesa de Jesús María y Colonet presentaron los valores de riqueza de especies raras y endémicas más altos con

respecto a Valle de Guadalupe y Valle de las Palmas. Al aplicar un análisis de agrupamiento, incluyendo los sitios de Otay, San Diego y Kearny mesa, se observa un agrupamiento evidente con Otay, Kearny mesa, la mesa de Jesús María y Colonet, estas últimas también se asocian tomando en cuenta los registros de especies raras y endémicas de este estudio. Valle de las Palmas conforma otro grupo así como también San Diego. Valle de Guadalupe no se incluye al ser insuficiente en datos históricos para el análisis. Estos resultados no son determinantes para la caracterización correcta de la comunidad de plantas dentro de las charcas vernaes ya que se requiere incluir a más especies en los muestreos, así como también se requieren de más muestreos.

### **6.5 Propiedades del suelo**

El suelo de las charcas vernaes posee mayor concentración de nutrientes como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), también presentes en la misma proporción fuera de las charcas, lo cual concuerda con Epstein (1972) para zonas áridas. La diferencia que se aprecia con respecto a la concentración de nutrientes entre el suelo de las charcas y suelos fuera de las charcas, probablemente se debe a las condiciones de humedad dentro del suelo, ya que el agua actúa como un medio de disolución para los nutrientes, de tal forma que al evaporarse aumenta la concentración de nutrientes en el horizonte superficial, lo mismo se relaciona a la conductividad eléctrica la cual es mayor fuera de las charcas, y se relaciona directamente con la concentración de sales en el suelo.

Los suelos de las charcas vernaes presentaron una condición que variaba de neutro a levemente ácido o levemente alcalino, esta misma condición en suelos concuerda con lo que reportan Franco y Sosa (1997) para áreas con matorral costero y chaparral en la región mediterránea de Baja California. Esto sugiere que a pesar de las condiciones microambientales intrínsecas de las charcas vernaes el pH no es una particularidad evidentemente para estos humedales temporales.

En lo que respecta al porcentaje de materia orgánica (MO) de las charcas vernaes que en promedio es mayor al suelo de sitios fuera de las charcas, probablemente esto es debido a que especies pioneras como *Psilocarphus brevissimus* mueren una vez que las condiciones de mayor humedad bajan, dejando vestigios de tejido vegetal en cada charca vernal y aportando materia orgánica al horizonte superficial del suelo.

### **6.6 Relación flora-suelo**

Los resultados obtenidos en este estudio no conducen a atribuir significativamente la distribución de las especies a las propiedades fisicoquímicas del suelo, debido a las incertidumbres producto de la precipitación anual, temporalidad de las charcas, esfuerzo de muestreo e impacto antropogénico en las áreas con charcas vernaes. Con lo anterior, se propone realizar un estudio donde se evalúe la estructura de la comunidad vegetal completamente, incluyendo abundancias por especie e incluyendo no solo las especies raras y endémicas. Así mismo nuevamente analizar las propiedades fisicoquímicas del suelo en los sitios de muestreo y posteriormente analizar de manera individual la respuesta de las especies a la concentración de nutrientes, sales, materia orgánica, intercambio catiónico y conductividad. Cabe mencionar que parte de la fertilidad del suelo se mide en el material particulado como limos, arcillas y arenas, que influyen de manera directa en la química del suelo. Por otra parte, probablemente la distribución de algunas especies raras o endémicas no se deba a propiedades ambientales, sino a la fisiología intrínseca del taxa, o aquellos polinizadores asociados.

## 7. CONCLUSIONES

No se encontró evidencia de influencia de las propiedades del suelo estudiadas con respecto a la distribución de especies raras y endémicas de la región. Otros factores deben ser importantes en contextos históricos y actuales, dada la peculiaridad del hábitat, se sugiere mayor atención a la biología de cada especie.

Las localidades de Jesús María, Valle de las Palmas, Valle de Guadalupe y Colonet, son localidades que presentan charcas vernaes.

*C. perennis* en Colonet y *Pogogyne* sp. nov. en Valle de las Palmas, son especies catalogadas como endémicas importantes para la región, su distribución se limita a una sola localidad, condición que debe ser toma en cuenta de inmediato para su protección legal en México.

La riqueza de especies en las localidades de Colonet y la mesa de Jesús María así como la presencia de algunos taxa característicos de cada localidad sugieren que existe diferencia entre las charcas vernaes de los valles interiores y las mesas (terrazas) costeras.

El estudio biológico de las charcas vernaes y sus especies vegetales se proyecta de utilidad para su manejo y conservación; así mismo la información generada permitirá experimentar con la restauración del hábitat en un momento dado.

## Referencias Bibliográficas

- Abrams, L. 1911. Flora of Los Angeles: *Hypochoeris glabra* and vicinity. *Journal of Ecology* 70: 201-215.
- Aguilera, M. y J. F. Silva. 1997. Especies y biodiversidad. *Interciencia* 22: 299-306.
- Álvarez, S.E., y A.C. Marín. 2011. Manual de procedimientos analíticos para suelos y plantas. Universidad Autónoma de Chapingo. Laboratorio de Química de Suelos. Chapingo, Estado de México, 65 pp.
- Badii, M.H., J., Landeros, R. Foroughbakhch y J.L. Abreu. 2007. Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience* 2(2): 229-247.
- Bauder, E.T. 2000. Inundation effects on small-scale plant distributions in San Diego, California vernal pools. *Aquatic Ecology* 34: 43-61.
- Bauder, E.T. 2005. The effects of an unpredictable precipitation regime on vernal pool hydrology. *Freshwater Biology* 50: 2129-2135.
- Bauder, E.T. y S. McMillan. 1998. Current distribution and historical extent of vernal pools in southern California and northern Baja California, Mexico, p. 56-70. En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk y W.R. Ferren, Jr. (eds.), Ecology, conservation, and management of vernal pool ecosystems: Proceedings from a 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Bauder, E.T., A.J. Bohonak, B.H. Marie A. Simovich, D. Shaw, D.G. Jenkins y M. Rains. 2009. A Draft Regional Guidebook for Applying the Hydrogeomorphic Approach to Assessing Wetland Functions of Vernal Pool Depressional Wetlands in Southern California. San Diego State University, San Diego, California, 199 pp.
- Bernier, V.R. 1999. Curso de capacitación para operadores del programa de suelos degradados INDAP, décima región. Serie de actas No. 2 del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Osorno, Chile, 117 pp.
- Bullock, S. H. 1999. La vegetación del noreste de Baja California en el contexto de la inestabilidad ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 501-516.
- Burne, M. R. y R.G. Lathop. 2008. Remote and Field Identification of Vernal Pools, p. 55-68. En: A.J.K. Calhoun y P. G. DeMaynadier (eds.). Science and Conservation of Vernal Pools in Northeastern North America. CRC Press, Boca Raton, Florida.

- Cascante, A. 2008. Guía para la recolecta y preparación de muestras botánicas. Herbario Nacional, Museo Nacional de Costa Rica, San José, Costa Rica, 10 pp.
- Calhoun, A.J.y P.G. DeMaynadier. 2001. Vernal Pool Assessment. Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife. Augusta, Maine, 70 pp.
- Clark, K.B. y M. Doderó. 2011. The threatened biological resources of Jesús Maria mesa, Mexico. Proceedings of the CNPS Conservation Conference, 17-19 Jan 2009. p. 28-35.
- Clark, K.B., M. Doderó, A. Chavez y J. Snapp-Cook. 2008. The threatened biological riches of Baja California's Colonet Mesa. *Fremontia* 36: 3-10.
- California Native Plant Society (CNPS). 2012. Inventory of Rare and Endangered Plants (online edition, v8-01a). California Native Plant Society. Sacramento, California. (consultado 2012) <http://www.rareplants.cnps.org>
- CICESE. 2011. Boletín Climatológico II.1. Laboratorio de Pronóstico Meteorológico del CICESE, Ensenada, Baja California. (consulta 2012) <http://peac-bc.cicese.mx/datosclim/boletines.html>
- Colburn, E.A. 2004. Vernal Pools: *Natural History and Conservation*. McDonald and Woodward Publishing Company, Granville, Ohio, 426 pp.
- CONABIO-CONANP-SEMARNAT. 2008. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal: Objetivos y Metas. México, D.F., 34 pp.
- Crampton, B. 1954. Morphological and ecological considerations in the classification of *Navarretia* (Polemoniaceae). *Madroño* 12: 225-238.
- Crampton, B. 1976. Rare grasses in a vanishing habitat. *Fremontia* 4(3): 22-23.
- Chrity, J. 2009. At-risk wetland plant associations. Oregon Biodiversity Information Center and The Wetlands Conservancy. (consultado 2012) <http://oregonexplorer.info/wetlands/WetlandPlantAssociations/At-riskWetlandsPlantAssociations>
- Emery, N., E.J. Forrestel, G. Jui, M. Parks, B.G. Baldwin y D.D. Ackerly. En revisión. Niche evolution across spatial scales: climate and habitat specialization in California *Lasthenia* (Asteraceae). *Ecology*.
- Epstein, E. 1972. Mineral Nutrition of plants: Principles and perspectives. Wiley, New York, New York, 412 pp.



- Figueras, S.M. 2001. Análisis de conglomerados o cluster. [en línea] *5campus.org, Estadística* <http://www.5campus.org/leccion/cluster>.
- Findlay S.C. y J. Houlihan 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, 11, 1000–1009.
- Franco-Vizcaíno, E. y Sosa-Ramírez, J. 1997. Soil properties and nutrient relations in burned and unburned Mediterranean-climate shrublands of Baja California, Mexico. *Acta Oecologica* 18: 503-517.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper, y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9 pp.
- Hanes, W.T. y L.P. Stromberg. 1998. Hydrology of vernal pools on non-volcanic soil in Sacramento Valley. pp. 38-49 En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D.D. Belk y W.R. Ferren, Jr. (eds.) Ecology, Conservation and Management of Vernal Pool Ecosystems. Proceedings from a 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Harper, A. 2007. Conservation vision for Bahía de San Quintin. The nature Conservancy and Conservation Biology Institute. Arlington, Virginia, 54 pp.
- Harper, A.B., S. Vanderplank, M. Dodero, S. Mata y J. Ochoa. 2011. Plants of the Colonet region, Baja California, Mexico, and a Vegetation map of Colonet Mesa. *Aliso* 29: 25-42.
- Heiri, O., A.F. Lotter y G. Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25: 101-110.
- Hobson, W.A. y R.A. Dalhgren. 1998. Soil forming processes in Vernal Pools of Northern California, Chico area. pp. 24-37 En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr. y R. Ornduff (eds.). Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems Proceedings from a 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Holland, R.F. 1976. The vegetation of vernal pools: a survey. pp. 11-15 En: Jain, S. (ed.), Vernal pools: their ecology and conservation. Institute of Ecology Publications No. 9, University of California, Davis, California.
- Holland, R.F. 1978. The geographic and edaphic distribution of vernal pools in the great Central Valley, California. California Native Plant Society, Special Publication No. 4, Sacramento, California
- Holland, R.F. 2009. California's Great Valley Vernal Pool Habitat Status and Loss: Rephotorevised 2005. Placer Land Trust Report, Auburn, California, 23pp.

- Holland, R.F. y V.I. Dains. 1990. The edaphic factor in vernal pool vegetation. pp. 31-48 En: D.H. Ikeda y R.A. Schlising (eds). Vernal pool plants: Their habitat and biology. Studies from the Herbarium, Number 8, California State University, Chico, California.
- Holland, R.F. y S.K. Jain. 1977. Vernal pools. pp. 515-533 En: M. G. Barbour y J. Major (eds). Terrestrial Vegetation of California. Wiley, New York, New York.
- Horneck, D.A., J.W. Ellsworth, B.G. Hopkins, D.M. Sullivan y R.G. Stevens. 2007. Managing salt-affected soils for crop production. Oregon State University. (consulta, 2012) <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/pnw/pnw601-e.pdf>
- Howell, J.T. 1931. The genus *Pogogyne* III. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 20:105-128.
- INEGI. 2011. Fisiografía de Baja California. (consulta 2012) <http://www.inegi.gob.mx>.
- Jepson, W.L. 1925. A Manual of the Flowering Plants of California. University of California Press, Berkeley, California, 1238 pp.
- Jackson, D.A. 1993. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74(8): 2204-2214.
- Jimenez, V.A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8: 151-161.
- Johnson, T. 1998. Ephemeral pools in Missouri: Their value, status, and restoration. Midwest Declining Amphibians Conference, March 20-21, 1998, Milwaukee, Wisconsin.
- Kagan J.S., J.A. Christy, M.P. Murray y J.A. Titus. 2004. Classification of Native Vegetation of Oregon. Oregon Natural Heritage Information Center. Portland, Oregon, 51 pp.
- Keddy, P.A. 2000. Wetland Ecology. Principles and conservation. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 614 pp.
- Keeler-Wolf, T. y S.A. Flint. 1995. California Vernal Pool Assessment. Preliminary Report. Natural Diversity Database, California Department of Fish and Game, Sacramento, California. 160 pp.
- Keeley, J.E. y P.H. Zedler. 1998. Characterization and global distribution of vernal pools. pp. 1-14 En: C.W. Witham, E. Bauder, D. Belk, W. Ferren, y R. Ornduff, (eds.) Ecology, Conservation and Management of Vernal Pool Ecosystems. Proceedings from a 1996

conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.

King, J.L. 1998. Loss of diversity as a consequence of habitat destruction in California vernal pools. Pp. 119-123 En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr., and R. Ornduff (eds.) Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems Proceedings from a 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.

Lazlo, I. A., R. Ginocchio, H. Cofré, Y. Vilina y A. Iriarte. 2008. Nuestra Biodiversidad. p. 49-55. En: Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos, 3a Edición. Comisión Nacional de Medio Ambiente, 2008.

Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, 179 pp.

Marchand, M. 2004. Identification and Documentation of Vernal Pools in New Hampshire, Second Edition. New Hampshire Fish and Game Department. New Hampshire, Ohio, 70 pp.

McMillan, S. C. 1995. A morphometric and systematic study of the southern California species in the genus *Pogogyne* (Lamiaceae). *American Journal of Botany*. 82: 149-50.

Moran, R. 1984. Vernal pools in northwest Baja California, Mexico, pp. 173-184. En: S. Jain y P. Moyle (eds.), Vernal Pools and Intermittent Streams. Institute of Ecology, University of California, Davis, California.

Moreno, C.E. 2001. Métodos Para Medir la Biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, . Zaragoza, España, 84 pp.

Mostacedo, B., J. Balcazar y J.C. Montero. 2006. Forest types, diversity and floristic composition in the southwestern Amazon of Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 41: 99-116.

Oberbauer, T. 1992. Vegetation of Northwestern Baja California. *Fremontia*, 20(2): 3-14.

Oberbauer, T. 2010. Vernal Pool Specialists. *CNPS Newsletter*. May: 1-2

Orcutt, C.R. 1885. Aquatic plants of San Diego. *Science*, 5:441.

Orcutt, C.R. 1887. Aquatic plants of the Vicinity of San Diego. *West American Scientist*. 3:123-126.

Ornduff, R. 1963. Experimental studies in two genera of Helenieae (Compositae): *Blennosperma* and *Lasthenia*. *Quarterly Review of Biology*. 38: 141-150.

- Porta, C. J., A.M. López, y M.R. Poch. 2008. Introducción a la Edafología: Uso y protección del suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, 451 pp.
- Purer, E. A. 1939. Ecological study of vernal pools, San Diego County, California. *Ecology* 20:217–29.
- Raven, P. y R. Evert. 1976. Biology of plants. Second edition, Worth Pub. New York, New York, 686 pp.
- Raven, F. y D. Axelrod. 1978. Origin and relationships of the California flora. Univ. Cal. Public Botany. Berkeley and Los Angeles, California. 72: 134 pp.
- Reeder, J. R. 1981. The type locality of *Orcuttia fragilis*. *Taxon* 30:308.
- Reeder, J.R. 1982. Systematics of the tribe Orcuttieae (Gramineae) and the description of a new segregate genus, *Tuctoria*. *American Journal of Botany*. 69: 1082-1095.
- Rodríguez, S.M.A., S. Álvarez y E.L. Bravo. 2001. Coeficientes de Asociación. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Plaza y Valdés. México, D.F., 173 pp.
- Sánchez, G.A. y L. López. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología* 74, 47-71
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021.SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estio, muestreo y análisis. Segunda sección, Diario Oficial de la Federación. México, D.F., 85 pp.
- SEMARNAT. 2011. Informe de estudio Técnico. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte. (consulta 2012) [http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/bases\\_tecnicas/oemr\\_pn\\_informe\\_parte1.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20pacifico%20norte/bases_tecnicas/oemr_pn_informe_parte1.pdf)
- Shreve, F. 1964. Vegetation of the Sonoran Desert. Parte I En: Shreve F. y Wiggins L. Vegetation and Flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press, Stanford, California. 1740 pp.
- Silveira, J.G. 1998. Avian uses of vernal pools and implications for conservation practice. pp 92-106 En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr. y R. Ornduff (eds). *Ecology, Conservation and Management of Vernal Pool Ecosystems*. Proceedings from a 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- SMN. 2011. Pronóstico Invernal 2011-2012. Comisión Nacional de Aguas y Servicio

Meteorológico Nacional. 16 pp. (consultado 2012)  
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/pronostico/estacional/pInvernal2011-2012.pdf>.

Solomeshch, A.I., M.G. Barbour y R.F. Holland. 2007. Vernal Pools. pp. 394-424 En: M.G. Barbour, T. Keeler-Wolf y A.A. Schoenherr. (eds). *Terrestrial vegetation of California*, 3th edition, University California Press. Berkeley, California.

Spencer, S.C. y L.H. Rieseberg. 1998. Evolution of Amphibious Vernal Pool Specialist Annuals: Putative vernal pool adaptive traits in *Navarretia* (Polemoniaceae). pp. 76-85 En: C.W. Witham, E.T. Bauder, D. Belk, W.R. Ferren Jr. y R. Ornduff (eds). *Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems*. Proceedings from a 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.

Stebbins, G.L. 1976. Ecological islands and vernal pools of California. pp. 1-4 En: S. Jain (ed). *Vernal pools: their ecology and conservation*. Institute of Ecology Publication 9, University of California, Davis, California.

Stone, D.R. 1990. California's endemic vernal pool plants: some factors influencing their rarity and endangerment. Pp. 89-108 En: D. H. Ikeda y R. A. Schlising (eds). *Vernal Pool Plants: Their Habitat and Biology*. Studies from the Herbarium, No. 8, California State University. Chico, California.

Tambutti, M., A. Aldama, O. Sánchez, R. Medellín y J. Soberón. 2001. La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica*. 61:11-21.

Tesar, M., M. Krejca y J. Vachal. 2008. Influence of vegetation cover on air and soil temperatures in the Sumava Mts. (Czech Republic). XXIVth Conference of the Danubian Countries. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 4 (2008) 012029: 6 pp.

U.S.FWS. 1998. Vernal pools of Southern California Recovery Plan. Region I U.S. Fish and Wildlife Service, Portland, Oregon, 113 pp.

Vanderplank, S. 2010. The vascular flora of Greater San Quintin, Baja California, Mexico. Tesis de Maestría. Claremont Graduate University, Claremont, California. (consulta 2012)  
[http://scholarship.claremont.edu/cgu\\_etd/2](http://scholarship.claremont.edu/cgu_etd/2)

Vanderplank, S. 2011. Quail-friendly plants of Baja California. Rancho Santa Ana Botanic Garden Occasional Publications, Number 11. Claremont, California, 131 pp.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de

Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California. 1025 pp.

Zedler, J.B. 2003. Vernal pools and the concept of “Isolated Wetland”. *Wetlands* 23: 597-607.

Zedler, P.H. 1987. The ecology of southern California vernal pools: a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Biology Report. Washington, DC, 87 pp.