



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

VARIACIÓN AGROMORFOLÓGICA E IDENTIDAD TAXONÓMICA DEL ROMERITO (*Suaeda* spp.)

ROBERTO NOGUEZ HERNÁNDEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis, titulada: **Variación agromorfológica e identidad taxonómica del romerito (*Suaeda* spp.)**, realizada por el alumno: **Roberto Noguez Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 

DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

ASESOR: 

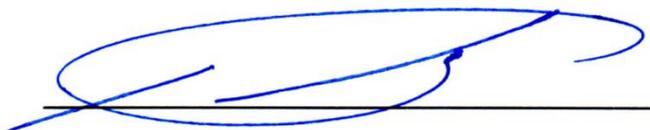
DR. GABINO GARCÍA DE LOS SANTOS

ASESOR: 

DR. JOSÉ APOLINAR MEJÍA CONTRERAS

ASESOR: 

DR. JAVIER HERNÁNDEZ MORALES

ASESOR: 

DR. DAVID ESPINOSA VICTORIA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2013.

VARIACIÓN AGROMORFOLÓGICA E IDENTIDAD TAXONÓMICA DEL ROMERITO (*Suaeda* spp.)

Roberto Noguez Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

En la presente investigación, se realizó una caracterización agromorfológica y se identificó taxonómicamente una nueva especie de romerito. Para el cumplimiento de los objetivos, este trabajo se dividió en dos capítulos. En el primero, a partir de caracteres cualitativos y cuantitativos, se caracterizaron y agruparon 70 muestras poblacionales procedentes de plantas cultivadas y silvestres. Los resultados de la investigación a partir de los análisis de correspondencias y discriminante permitieron agrupar la variación del romerito de acuerdo a la zona de colecta en tres grupos. (Centro, Occidente y Norte). Los caracteres ciclo de vida, número de estambres, tipo de crecimiento en etapa vegetativa, días a floración, fructificación y madurez de semilla fueron los que más aportaron a la diferenciación. En el segundo capítulo se describe e ilustra una nueva especie de *Suaeda*, perteneciente a la familia botánica Chenopodiaceae, sect. *Brezia*, *Suaeda edulis* Flores Olv. & Noguez sp. nov. La especie conocida como “romerito” se cultiva en la zona agrícola de San Andrés Mixquic, Distrito Federal (D.F.) y se recolecta de poblaciones silvestres en los estados de México, Puebla, Tlaxcala y Jalisco, para su consumo en las celebraciones de cuaresma, semana santa y navidad. Se distribuye de manera natural en sitios salinos del D.F., y en los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México, Tlaxcala y Puebla. *Suaeda edulis* fue confundida con *S. nigra* (= *S. torreyana*) y con *S. mexicana*, pero *S. edulis* es similar a *S. calceoliformis* y se caracteriza por ser una hierba anual, erecta a ascendente, con flores zigomorfas y uno a tres segmentos del perianto con alargamientos apicales como cornículos y, en fruto, con alas transversales en la base evidentemente nervadas. Las flores tienen 2-3 estambres y están dispuestas en glomérulos axilares, de 1 a 5 flores, en toda la planta, algunas veces arregladas en espigas terminales y axilares; las semillas son lenticulares, presentan dimorfismo en color y miden de 0.9-1.6 mm de diámetro.

Palabras clave: Romerito, caracterización, *Suaeda edulis*, *Suaeda mexicana*, comestible.

**AGROMORPHOLOGICAL VARIATION AND TAXONOMIC IDENTITY OF
ROMERITO (*Suaeda* spp .)**

**Roberto Noguez Hernández, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2013**

ABSTRACT

In the present research, an agromorphological characterization and a taxonomic identification of a new species of “romerito” were carried out. To fulfill the objectives, this work was divided in two chapters. In the first one, 70 samples from cultivated and wild plant populations were characterized and grouped on qualitative and quantitative characters. The results from the correspondence analysis and discriminant allowed romerito plants variation to be grouped in three clusters, according to the area of collection (Center, West and North). Lifecycle characters, number of stamens, vegetative growth type stage, days to flowering, fruiting and seed maturity were the main contributors for the differentiation. In the second chapter, a new species of *Suaeda* was described and illustrated; the new species belongs to the Chenopodiaceae botanical family, sect. Brezia, *Suaeda edulis* Flores Oliv. & Noguez sp. nov. The species known as "romerito" is grown in the agricultural area of San Andres Mixquic, Mexico City, and is collected from wild populations in the states of Mexico, Puebla, Tlaxcala and Jalisco, for its consumption in the Lent, Easter and Christmas celebrations . It is distributed naturally in saline sites of Mexico City, and the states of Guanajuato, Jalisco, Michoacan, Mexico, Tlaxcala, and Puebla. *Suaeda edulis* was mistook with *S. nigra* (= *S. torreyana*) and *S. mexicana*, but *S. edulis* is similar to *S. calceoliformis*. The plant is an annual herb, erect to ascendent, with zigomorph flowers and 1-3 segments of the perianth with corncle apical elongations; the fruit has transverse wings in the rib base. Also, flowers have 2-3 stamens arranged in axillar glomeruli, 1-5 flowers by plant, sometimes arranged as terminal and axillar spikes. Seeds are lenticular dimorphic in color and measure 0.9-1.6 mm diameter.

Keywords: “Romerito”, characterization, *Suaeda edulis*, *Suaeda mexicana*, edible.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca proporcionada para realizar mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Postgraduados, por darme la oportunidad de estudiar el doctorado, con especial agradecimiento al Postgrado en Producción en Semillas.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por permitirme continuar con mi superación profesional.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo por su amistad, enseñanzas y la confianza que depósito en mi persona.

Al Dr. Gabino García de los Santos por los conocimientos transmitidos sobre los recursos fitogenéticos y por las aportaciones que realizó a la presente tesis.

Al Dr. Apolinar Mejía Contreras por las aportaciones y sugerencias brindadas en la realización del presente trabajo y su trato siempre amable.

Al Dr. Javier Hernández Morales por sus atinadas observaciones en esta fase de mi vida profesional, nunca las olvidaré.

Al Dr. David Espinosa Victoria por su gran disposición para que este proyecto siguiera adelante.

Al Dr. Félix V. González Cossío por su apoyo en la parte estadística de la tesis y las facilidades que me brindó para que pudiera continuar con los trámites de titulación.

A la Dra. Hilda Flores Olvera por su amistad y enseñanzas en la parte taxonómica.

Al Ing. Raúl Reyes Bustos, por su amistad y confianza que me brinda.

Al Dr. Elías Jaime Matadamas Ortiz por su amistad y deseos de superación que siempre me recuerda.

A José Luis Zárate Castrejón por su apoyo en la fase de campo y laboratorio del presente proyecto.

A Emanuel Ruíz Méndez y Amado Segura Domínguez, por su valioso apoyo que me brindaron en diferentes actividades de este proyecto.

Al Departamento de Preparatoria Agrícola y al área de Agronomía, en especial a su Director el M.C. Luis Hernández Jaén por su amistad, apoyo incondicional en todo momento y las facilidades concedidas que me permitieron continuar con mis estudios de doctorado.

DEDICATORIA

A mi mamá Natalia Hernández Ruíz, quien con su ejemplo de vida me impulsa a dar lo mejor de mí.

A mi papá Ángel Noguez Pérez ^t, porque donde se encuentre sé que me apoya y cuida.

A mi esposa Imelda Rosas Pérez, con amor y agradecimiento por la paciencia que me tuvo en la realización de mis estudios de doctorado. Te amo.

A mis hijos Daniel y Giovanni, quienes con su amor, cariño y sonrisas me alientan y estimulan día a día. Los amo mucho.

A mis hermanos: Ma. Elena, Rocio, Leticia, Ángel, Alfredo y Alejandro, por la confianza y apoyo que nos brindamos mutuamente.

A mis suegros, Dolores Alvarado y Julia Pérez, por su confianza y trato siempre cordial.

A mis sobrinos: Tania, Karen, Mariana, Fátima, Natalia, Pablo, Miguel, Julio, Alfredo, Alejandro y Santiago, para que la solidaridad de la familia continúe entre ustedes.

A los campesinos del pueblo de San Andrés Mixquic, en especial a Juan Jiménez Hernández, Héctor Suárez Pineda y Román San Miguel Arenas, por su amistad y las facilidades brindadas para la realización de mi tesis.

A Jesús Lavana Rosas, por su amistad y apoyo para la realización del presente proyecto de investigación.

A la Sra. Consuelo Soria Valencia, por su ejemplo de mujer campesina Mexicana.

A todas aquellas personas que me apoyaron para que lograra este objetivo.

ÍNDICE

	PÁG.
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 General	2
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 Familia Chenopodiaceae	4
4.2 Clasificación Taxonómica.....	4
4.3 Descripción del género Suaeda	5
4.4 Secciones del género <i>Suaeda</i>	5
4.5 Variación morfológica.....	7
4.6 Uso potencial del género	9
4.7 Suaeda en México	10
4.8 El romerito (<i>Suaeda</i> spp.): un recurso fitogenético.....	11
4.9 Colecta de germoplasma	12

4.10 Caracterización.....	13
4.11 Variedades y/o razas locales.....	14
5. LITERATURA CITADA.....	15
CAPÍTULO I.....	21
VARIACIÓN AGROMORFOLÓGICA DEL ROMERITO (<i>Suaeda</i> spp.) EN MÉXICO.	21
RESUMEN.....	21
1.1 INTRODUCCIÓN	22
1.2 MATERIALES Y MÉTODOS	24
1.2.1 Colecta de germoplasma	24
1.2.2 Caracterización agromorfológica	25
1.2.3 Análisis estadístico.....	27
1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
1.3.1 Variación en caracteres agro-morfológicos cualitativos	28
1.3.2 Caracteres poco variables.....	29
1.3.3 Variación en caracteres agro-morfológicos, pseudocualitativos y cuantitativos.....	32
1.4 CONCLUSIONES	37
1.5 RECOMENDACIONES	38
1.6 LITERATURA CITADA.....	39
CAPÍTULO II.	41
<i>Suaeda edulis</i> (CHENOPODIACEAE), UNA NUEVA ESPECIE DE LAGOS SALINOS	
DEL CENTRO DE MEXICO.....	41
RESUMEN.....	41
2.1 INTRODUCCIÓN	42
2.1.1 Descripción del género <i>Suaeda</i>	42
2.1.2 Confusiones taxonómicas del género	42
2.1.3 Nombres comunes y usos.....	44

2.1.4 Importancia Económica.....	44
2.2 OBJETIVOS.....	45
2.2.1 Objetivo general	45
2.2.2 Objetivos específicos.....	45
2.3 HIPÓTESIS.....	45
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	45
2.4.1 Revisión de material biológico en herbarios	45
2.4.2 Colecta de germoplasma	46
2.4.3 Establecimiento del experimento	47
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
2.6 CONCLUSIONES	54
2.7 LITERATURA CITADA.....	55
CAPÍTULO III.....	58
3.1 DISCUSIÓN GENERAL.....	58
3.2 CONCLUSIONES GENERALES	61
3.3. RECOMENDACIONES GENERALES.....	62
3.4 LITERATURA CITADA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro 1.1 Poblaciones en las que se colectó semilla de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	24
Cuadro 1.2 Caracteres cualitativos utilizados para la descripción de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	26
Cuadro 1.3 Caracteres pseudocualitativos y cuantitativos utilizados para la descripción de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	26
Cuadro 1.4. Tabla de contingencia de caracteres cualitativos y estado de colecta de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	30
Cuadro 1.5 Valores de la descomposición de la inercia y Ji cuadrada del análisis de correspondencia simple en 70 poblaciones de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	31
Cuadro 1.6 Análisis discriminante en colectas de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	34
Cuadro 1.7 Coeficientes canónicos estandarizados de colectas de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	34
Cuadro 1.8 Distancia Mahalanobis entre grupos de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	37
Cuadro 2.1 Ejemplares de <i>Suaeda</i> consultados en los herbarios del Instituto de Biología (MEXU) y del Colegio de Postgraduados (CHAPA).....	46
Cuadro 2.2 Estados y sitios de colecta de romerito (<i>Suaeda</i> spp.).....	47
Cuadro 2.3 Caracteres que distinguen a <i>Suaeda edulis</i> de las especies similares y de las que se ha confundido.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁG.
Figura 1.1	Análisis de correspondencia basado en datos agro-morfológicos de romerito (<i>Suaeda</i> spp.). Donde 1), corresponde a poblaciones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco que se asociaron por su crecimiento postrado en etapa vegetativa (PJ), presencia de betacianinas en el cotiledón (CPR); 2) poblaciones de Tlaxcala, México, Puebla y Distrito Federal que presentaron hojas estrechas, hipocotilo con presencia media de betacianinas (HBM), ausencia de betacianinas en el cotiledón (CA) y hojas estrechas; y 3) poblaciones de San Luis Potosí, asociadas con plantas perennes (CPE), con 5 estambres (CE) y pistilo largo (PL).....	33
Figura 1.2	Distribución de las colectas de romerito (<i>Suaeda</i> spp.) en el espacio canónico bidimensional. Donde CEN corresponde a poblaciones del Distrito Federal, México, Puebla y Tlaxcala; NOR corresponde a poblaciones de San Luis Potosí; y OCC corresponde a poblaciones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco.....	36
Figura 2.1	<i>Suaeda edulis</i> , a. Aspecto de la planta en floración; b. Rama fértil; c. Brácteas foliares que sostienen a los glomérulos; d. Ramas con hojas que sostienen espigas; e. Ramas con flores en antesis; f-h. Flores en distintas vistas y etapas de desarrollo; i. Semillas.....	50

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de la necesidad del Sistema Producto de Hortalizas del Distrito Federal para proteger y registrar las “variedades nativas” de romerito (*Suaeda* spp.) que se cultivan y consumen en el D.F. surge el presente Proyecto de Tesis Doctoral y la Red Romerito del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI)-SAGARPA. En 2009 se iniciaron los trabajos de colecta, caracterización, conservación de semillas e identificación taxonómica del género *Suaeda* en México.

El género *Suaeda*, perteneciente a la familia Chenopodiaceae con alrededor de 110 especies, tiene una distribución cosmopolita en las zonas costeras así como en el interior en las partes bajas de cuencas endorreicas. Comprende hierbas, subarbustos y arbustos, de ciclo de vida anual y perenne, con tallos erguidos o postrados, glabros o pubescentes, hojas sésiles, alternas u opuestas, enteras, carnosas, aplanadas, semicilíndricas o cilíndricas, flores pequeñas arregladas en glomérulos en las axilas de brácteas, semilla lenticular, con y sin dimorfismo (Hopkins y Blackwell, 1977; Calderón de Rzedowski, 2001; Zhu *et al.*, 2003; Ferren y Schenk, 2004).

De acuerdo con Meraz (2009), la revisión y estudio que se realizó de ejemplares herborizados en el Herbario Nacional de México (MEXU) y del Colegio de Postgraduados (CHAPA), se puede indicar que en México existen al menos 12 especies diferentes de *Suaeda*; cinco de ellas endémicas de México. Se distribuyen en 20 estados cerca de la costa, pastizales y vegetación halófito (Rzedowski, 1978). El género *Suaeda* como recurso fitogenético no se tiene bajo resguardo en ninguno de los bancos nacionales de conservación de semillas; además poco se ha estudiado y valorado en el país, y se desconoce su uso potencial.

El romerito (*Suaeda* spp.) es una planta de importancia económica que se consume y cultiva en el Valle de México desde la época precolombina, después en la conquista se incorpora a las comidas de cuaresma y navidad (Rojas, 1993; Bye y Linares, 2000). Para los campesinos de San Andrés Mixquic, su cultivo en más de 685 hectáreas (SAGARPA, 2012), significa una fuente importante de ingresos económicos, es una planta como pocas que tolera los altos niveles de sales y pH que contienen sus parcelas y algo más importante, sigue fomentando el arraigo agrícola en esta zona rural del Distrito Federal.

El romerito (*Suaeda* spp.) como recurso fitogenético de México no está caracterizado ni protegido, su semilla no se encuentra resguardada en ninguno de los bancos de conservación nacional ni local. De igual manera se desconoce con precisión su distribución geográfica, ciclo de vida y existe confusión taxonómica entre las especies. Es por ello que en el presente trabajo de investigación se planteó coleccionar, caracterizar, conservar e identificar taxonómicamente las especies de romerito que se cultivan en el Distrito Federal y se recolectan para su consumo en la región centro-occidente del País.

Considerando lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos de trabajo:

2. OBJETIVOS

2.1 General

Colectar, conservar y caracterizar agro-morfológicamente la variación genética de plantas del género *Suaeda* y describir una nueva especie de los lagos interiores del centro de México en beneficio de los campesinos del Distrito Federal.

2.2 Objetivos específicos

- Colectar germoplasma de *Suaeda* spp. en siete estados de la República Mexicana y el Distrito Federal para resguardar la variación genética.
- Acondicionar la semilla de las colectas para su resguardo en el Banco de Referencia de Variedades Vegetales del Colegio de Postgraduados.
- Proponer una lista de caracteres que permitan la caracterización de los materiales colectados.
- Identificar caracteres que permitan integrar una guía técnica y un manual gráfico para trabajos de caracterización de variedades de *Suaeda*.
- Caracterizar agro-morfológicamente 70 poblaciones de romerito, para conocer su variación y poder agruparlas y diferenciarlas.
- Describir e ilustrar una nueva especie del género *Suaeda*.

3. HIPÓTESIS

- En los diferentes sitios del país donde se distribuye de manera natural y cultivada el género *Suaeda*, con diferente tipo de suelo, vegetación y altitud existe variación morfológica y fenológica.
- El “romerito” que se cultiva en el Distrito Federal es una nueva especie anual de *Suaeda*.

▪ 4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Familia Chenopodiaceae

El género *Suaeda* pertenece a la familia botánica Chenopodiaceae. Esta familia incluye 100 géneros con 1400-1700 especies (Calderón de Rzedowski, 2001; Zhu *et al.*, 2003; Kadereit *et al.*, 2003) distribuidas en zonas áridas, semiáridas, templadas, subtropicales, hábitats costeros, suelos con alto contenido de sales, sitios perturbados y agrícolas en todo el mundo. La mayoría de las especies de la familia son plantas anuales o subarbustos (Calderón de Rzedowski, 2001; Zhu *et al.*, 2003; Heklau *et al.*, 2012). Agrupa especies de uso industrial, hortícola, medicinal y forrajero. Algunos géneros y especies de importancia de esta familia son *Beta*, *Atriplex*, *Chenopodium*, *Salsola*, *Kochia*, y *Suaeda*. Entre las especies de importancia económica se tiene la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* var. *Sacharifera*), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), la acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.), el romerito (*Suaeda* spp.) y recientemente la quinoa (*Chenopodium quinoa*), que por su alto contenido de proteínas se viene utilizando como cereal (Calderón de Rzedowski 2001; Zhu, *et al.*, 2003).

4.2 Clasificación Taxonómica

De acuerdo con Cronquist (1981) y Schütze *et al.* (2003) la clasificación taxonómica del género *Suaeda* es la siguiente:

REINO: **Plantae**

DIVISIÓN: **Magnoliophyta**

CLASE: **Magnoliopsida**

SUBCLASE: **Caryophyllidae**

ORDEN: **Caryophyllales**

SUBORDEN: **Chenopodiineae**

FAMILIA: **Chenopodiaceae**

SUBFAMILIA: **Suaedoidae**

GÉNERO: ***Suaeda***

4.3 Descripción del género *Suaeda*

El género *Suaeda*, comprende alrededor de 110 especies, pertenece a la subfamilia Suaedoidae y a la familia Chenopodiaceae (Schütze *et al.*, 2003; Ferren y Schenk, 2004). Tiene una distribución cosmopolita en la costa, regiones de clima árido y en las partes bajas de cuencas cerradas (Rzedowski, 1978; Ferren y Schenk, 2004). Son hierbas anuales o perennes, subarbustos o arbustos, con tallos erguidos o postrados, glabros o poco pubescentes, hojas sésiles o subsésiles, alternas u opuestas, enteras, carnosas, aplanadas, o cilíndricas, flores pequeñas bisexuales o unisexuales, sésiles, de 1 a 9 en las axilas superiores, con perianto actinomorfo o zigomorfo, de cinco segmentos, verdes, succulentos, persistentes y envolviendo al fruto, de 2 a 5 estambres visibles, 2-5 estigmas; flores arregladas en glomérulos en las axilas de brácteas foliares, espigas o en racimos, utrículos con pericarpo membranáceo y semilla horizontal o vertical, lenticular, presencia o ausencia de dimorfismo (Hopkins y Blackwell, 1977; Calderón de Rzedowski, 2001; Schenk y Ferren, 2001; Zhu *et al.*, 2003; Ferren y Schenk, 2004).

4.4 Secciones del género *Suaeda*

El estudio y clasificación del género *Suaeda* ha sido una fuente de confusión para los taxónomos, además que muchas veces esta confusión es ignorada por las personas que colectan ejemplares (Hopkins y Blackwell, 1977). El género *Suaeda* históricamente se ha dividido de dos a ocho secciones. Desde principios del siglo XIX diferentes autores han propuesto distintos sistemas de clasificación; sin embargo, existen diferencias entre ellos, porque se basan en diferentes conjuntos de caracteres. Las subdivisiones del género *Suaeda* pueden ser discutidas desde dos ángulos diferentes: a) la importancia biológica de las secciones y géneros, y b) estatus de la nomenclatura de sus nombres (Schenk y Ferren, 2001). Trabajos recientes sobre la distribución y

anatomía de plantas de *Suaeda* C₃ y C₄ así como su anatomía foliar han dado algunos elementos que permiten comprender los aspectos biológicos de tales subdivisiones (Akhani y Podlech, 1997; Fisher *et al.*, 1997).

Schenk y Ferren (2001) realizaron una revisión de la historia infragenérica de *Suaeda* sobre las diferentes secciones del género, además retoman caracteres prioritarios para la designación de las secciones (ciclo de vida; anatomía de la hoja; tipo de inflorescencia; simetría floral; número, tamaño y forma de estigmas; dimorfismo y posición de la semilla) e indican que se debe realizar un estudio taxonómico exhaustivo (filogenia) y a la vez comparativo entre especies de todo el mundo, para llegar a una mejor designación de las secciones del género. Cita el ejemplo de la sección *Limbogermen* aceptada en Norteamérica que comparte la mayoría de las características con la sección *Salsina* reconocida en Europa y por tal motivo probablemente deberían fusionarse en una sola sección. En este estudio las nueve secciones de *Suaeda* que se reconocen son: 1. *Brezia* 2. *Inmersa* 3. *Limbogermen* 4. *Macrosuaeda* 5. *Physophora* 6. *Salsina* 7. *Schanginia* 8. *Schoberia* y 9. *Suaeda*.

Con base en análisis moleculares, caracteres morfológicos y anatómicos, Schütze *et al.* (2003) propusieron una clasificación infragenérica para el género *Suaeda*. Las secciones que se reconocen son: 1. *Brezia* 2. *Schanginia* 3. *Borszczowia* 4. *Suaeda* 5. *Physophora* 6. *Schoberia* y 7. *Salsina*. De acuerdo con estos autores, en Norteamérica se distribuyen siete especies de *Suaeda*. sect. *Brezia*, así como seis de *Suaeda* sect. *Salsina*. Estos autores incluyeron las secciones *Inmersa* y *limbogermen* en *Salsina*.

Una nueva clasificación de las secciones de *Suaeda* para Norteamérica la propusieron Ferren y Schenk (2004), en este trabajo se reconocen solamente tres secciones: *Schanginia*, *Brezia* y *Limbogermen*. Para realizar esta clasificación se tomaron en cuenta los caracteres: porte de la

planta; ciclo de vida; hojas; tipo de inflorescencia; simetría floral; número, tamaño y forma de los estigmas; dimorfismo y posición de la semilla.

4.5 Variación morfológica

El género *Suaeda* presenta gran plasticidad fenotípica, lo cual dificulta el estudio de su taxonomía, además que los especímenes de herbario pierden caracteres tras el secado y las muestras estériles son generalmente difíciles de identificar. Por lo tanto, las notas del sitio de colecta y experiencia en el campo son más útiles (Hopkins y Blacwkell, 1977; Boulos, 1991). Esta dificultad radica en el hecho de que el género incluye especies polimórficas, de amplia distribución como *S. maritima*, *S. calceoliformis* y *S. nigra*, cuya variación parece ser debida a factores ambientales, pero probablemente también a diferencias genéticas (Ferren y Schenk, 2004).

El estudio de las respuestas fenotípicas inducidas por el ambiente en las plantas silvestres, con la selección y la asimilación de los rasgos en el genotipo, puede aumentar nuestra comprensión y capacidad de mejorar los cultivos. La suposición de que la plasticidad es adaptativa y confiere la aptitud en ese entorno se hace a menudo, pero esto es difícil de probar. Por ello se requiere que las plantas se establezcan en las mismas condiciones para ver si la variación no es debida al ambiente (Dudley y Schmitt, 1996). Polić *et al.* (2009) y Wetson *et al.* (2012) realizaron estudios sobre la plasticidad fenotípica y caracteres morfológicos y anatómicos, en tallos y hojas de *S. marítima*. Estos autores concluyeron que las diferencias son causadas por la variación ambiental en el sitio de estudio, el clima y la cantidad de sal en el suelo. De igual manera indicaron que estos factores aumentan el potencial de adaptación de esta especie.

Estudios de las poblaciones de *S. salsa*, mostraron que esta especie presenta una gran diversidad morfológica en sus hojas en cada sitio. A partir de esta variación morfológica, *S. salsa* se puede clasificar en tres ecotipos: Plantas de color rojo, rojas-verdes y verdes (Song y Zhang, 2007).

Con base en diferencias de características morfológicas (habito de crecimiento postrado y erecto en condiciones normales), número de cromosomas y análisis moleculares Lomonosova (2008), separó tres nuevas especies del grupo *Suaeda corniculata* que se distribuye en Euroasia. Las nuevas especies son: *S. kulundensis*, *S. sibirica* y *S. tuvinica*.

Youngman y Heckathorn (1992) encontraron que *Suaeda calceoliformis* es una hierba anual que tiene dos formas de crecimiento: erecto y postrado; además, ambas formas tienen potenciales osmóticos de la hoja similares en diferentes niveles de salinidad.

En general, cada especie de planta produce sólo un tipo morfológico o fisiológico de semilla. Sin embargo, algunas plantas, entre ellas las del género *Suaeda* producen dos o más tipos distintos de semillas en un mismo individuo (Venable, 1985). Este fenómeno se llama heteromorfismo de la semilla. La mayoría de las especies con semillas heteromórficas son anuales que crecen en condiciones de medio ambiente extremas, como lugares semiáridos áridos y desérticos (Mandak, 1997; Imbert, 2002). La mayoría de las especies de las secciones *Brezia*, *Physophora*, *Shanginia* del género *Suaeda*, presentan dimorfismo en su semilla, en cambio las especies de las secciones *Immersa*, *Limbogermen*, *Macrosuaeda*, *Salsina*, *Schoberia* y *Suaeda*, son monomórficas o rara vez dimórficas (Fisher, 1997; Schenk y Ferren, 2001). Las semillas negra y café de *Suaeda* bajo las mismas condiciones de luz y temperatura, presentan diferencias en su porcentaje de germinación, a nivel bioquímico, absorción de agua, dormancia y tolerancia a la sal (Khan *et al.*, 2001, Duan *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2008; Guan *et al.*, 2010).

4.6 Uso potencial del género

A pesar de los enormes esfuerzos de los fitomejoradores dirigidos a mejorar la tolerancia a la salinidad de los cultivos convencionales, hay pocas variedades productivas tolerantes a la sal, porque la tolerancia a la sal es un fenómeno complejo (Flowers *et al.*, 2010). Por lo tanto, el cultivo de halófitas entre ellas las pertenecientes al género *Suaeda* en suelos actualmente desaprovechados por su alto contenido de sales para destinarse a la alimentación, forraje, combustible, fibras, medicamentos y otros fines aparece como una solución inmediata (Glen y Brown, 1999). El uso de halófitas como cultivos alternativos llevaría a reducir el consumo de agua para la agricultura y sería ideal para zonas con disponibilidad limitada de agua (Koyro *et al.*, 2011). Sin embargo, se requieren investigaciones de mayor cobertura con el fin de mejorar el rendimiento y dar forma a estas especies para descubrir sus diferentes potencialidades económicas (Hameed y Khan 2011).

Weber *et al.* (2007) analizaron características del aceite de seis halófitas para determinar su potencial como fuente de aceite vegetal comestible. Los resultados indican que el aceite derivado de las semillas de halófitas especialmente *S. fruticosa* podría ser utilizado para consumo humano. *Suaeda fruticosa* es una planta forrajera consumida por camellos en Irán, también por vacas y cabras (Dagar, 2005; Towhidi *et al.*, 2011). Se elabora jabón doméstico con sus hojas quemadas (Freitag *et al.* 2001). Diferentes partes de su planta se pueden utilizar para infecciones oculares, hipolipemiente e hipoglucemiente (Bennani-Kabachi *et al.*, 1999; Benwahhoud *et al.*, 2001). Su cultivo podría ayudar en la recuperación de suelos contaminados con metales tóxicos (Bareen y Tahira, 2011) y altos niveles de salinidad (Khan *et al.*, 2009).

Otra planta con gran potencial es *Suaeda salsa*, que crece en China y se consume ampliamente como verdura debido a que contiene suficientes componentes nutritivos como vitaminas,

aminoácidos esenciales, oligoelementos y otros ingredientes antioxidantes (Wang *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2008). *S. salsa* es una planta pionera en investigaciones en China (Zhao, 1991); se utiliza como bioindicador para la vigilancia ambiental (Liu *et al.*, 2011) y recuperación de humedales degradados por contaminación de metales pesados, petróleo y salinidad creciente (Zhu *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2007).

Suaeda marítima se consume como verdura, en ensaladas y encurtidos en varias partes de Pakistán. En ese país también se obtiene leña de plantas perennes de *Suaeda* y otras halófilas (Dagar, 1995; Khan y Qaiser, 2006). La especie *Suaeda monoica* es un arbusto que se utiliza para elaborar pomadas contra heridas (Agoramoorthy, 2008).

En el altiplano y alto andino boliviano existen sitios que están conformados por suelos salinos, con escasa o ninguna especie vegetal. Entre estas especies principalmente se tienen a la halófila nativa *Suaeda foliosa* que es considerada una excelente planta forrajera para el ganado por el alto valor nutritivo y buena palatabilidad (Prieto y Queiroz, 1995).

4.7 Suaeda en México

De acuerdo con Rzedowski (1978) Hopkins y Blackwell (1977), Ferren y Schenk (2004) Meraz (2009) y Noguez *et al.* (2013), se reconocen doce especies de *Suaeda* que se distribuyen al menos en veinte estados de la República Mexicana. Las especies para México son: 1. *Suaeda californica*, 2. *Suaeda conferta* 3. *Suaeda nigra*. 4. *Suaeda esteroa* 5. *Suaeda jacoensis* 6. *Suaeda linearis* 7. *Suaeda mexicana* 8. *Suaeda palmeri* 9. *Suaeda puertopenascoa* 10. *Suaeda tampicensis* 11. *Suaeda taxifolia* y 12. *Suaeda edulis*. Estas especies se pueden encontrar en las zonas costeras, pero alcanzan su mayor distribución en el fondo salino más o menos inundable de

las cuencas cerradas de las regiones áridas o sub-áridas del interior (Miranda y Hernández 1963; Rzedowski, 1978).

Los “Romeritos” o “romerito” (*Suaeda* spp.) (Calderón de Rzedowski, 2001), son las especies que le dan importancia económica al género en México. El consumo de romerito (iztacquilitl) en el Valle de México data de tiempos prehispánicos. Estuvo ligado a la Huauquiltamalculiztli, ceremonia de renovación de enero, que practicaban los mexicas. Después de la conquista esta planta sufre un proceso de fragmentación al incorporarse a las comidas de cuaresma pero su significado indígena se perdió (Rojas, 1993; Bye, 2000). El Distrito Federal es el principal productor de romerito a nivel nacional con una superficie cosechada de 685 hectáreas y con una producción de 5,439 toneladas. El rendimiento promedio fue de 7.94 toneladas por hectárea en el año 2012 (SAGARPA, 2012).

A pesar de cultivarse y consumirse desde la época precolombina, la planta de romerito sigue en proceso de domesticación (Rindos, 1984; Rojas, 1993; Casas *et al.*, 1994; González-Insuasti y Caballero, 2007), ya que actualmente se utilizan dos tipos de semilla para la siembra: a) semilla local, producida por los campesinos de la comunidad (Fundación Grupo Produce A. C. D.F., 2008) y b) semilla silvestre, que se recolecta en los alrededores de los ex lagos de Texcoco, Zumpango y Xaltocan (Granados, 1990).

4.8 El romerito (*Suaeda* spp.): un recurso fitogenético

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) son cualquier material de origen vegetal, incluido el material reproductivo y de propagación vegetativa que contiene unidades funcionales de la herencia, y que tiene valor real o potencial para la alimentación y la agricultura (IPGRI, 1993; FAO, 2009; SNICS-SAGARPA, 2013).

Los recursos fitogenéticos están constituidos por la variación genética organizada en un conjunto de entidades diferentes entre sí, denominadas germoplasma. El germoplasma constituye el elemento de los recursos genéticos, que incluye la variabilidad genética intra e interespecífica, con fines de utilización en los programas de mejoramiento genético, de domesticación de nuevas especies, así como para evitar o disminuir la vulnerabilidad que resulta de la utilización de bases genéticas estrechas (Estrada, 2010).

4. 9 Colecta de germoplasma

Las actividades de diagnóstico o prospección son previas a las colectas sistemáticas, teniendo por objetivos el conocimiento de las distribuciones geográfica y ecológica de los recursos fitogenéticos, la diversidad genética y en aquellas especies con valor potencial se debe realizar un primer acercamiento a su valor real (Díaz, 2005; FAO, 2009).

A fin de acceder a fuentes de variabilidad genética, se recurre a introducciones desde otras regiones o países, a través de intercambios y/o mediante colectas realizadas en centros primarios o secundarios de diversidad de las especies de interés. La introducción se realiza con base en acuerdos de intercambio de germoplasma entre organismos públicos, privados o internacionales de investigación (Painting, 1996).

Las colectas de germoplasma se realizan por múltiples razones como protegerlo, disponer de materiales para los programas de mejoramiento de acuerdo a las necesidades de los usuarios, profundizar en los conocimientos sobre la especie, distribuirlo y/o completar una colección existente (Engels *et al.*, 1995).

Todas las colecciones de germoplasma deben contar con sus datos de pasaporte que, en ocasiones, permiten inferir sobre el tipo de evolución, domesticación, adaptación y características de selección sobre los materiales (Hodgkin, 1997).

La actividad de colecta no concluye con el ingreso de una colección a un banco de germoplasma, en primer lugar porque desde el punto de vista de la conservación se requieren de actividades de mantenimiento y, en segundo lugar, porque el trabajo en recursos fitogenéticos implica necesariamente el conocimiento y utilización de esos recursos. De estas consideraciones es clave establecer prioridades para la realización de colectas tanto en especies como en áreas geográficas (Ferren y Clausen, 2001).

4.10 Caracterización

Los recursos fitogenéticos ya incluidos en los bancos de germoplasma deben ser caracterizados y evaluados a fin de promover el uso de los mismos. La caracterización de un recurso genético, es la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad; es decir, características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente (Jaramillo y Baena 2000; Hidalgo, 2003).

Los métodos clásicos para caracterizar, evaluar y utilizar la variabilidad genética aplican descriptores morfológicos y agronómicos, así como marcadores bioquímicos y moleculares (Justiniano *et al.*, 2006). Los estados de un descriptor son los diferentes valores que puede tomar el descriptor, pudiendo ser un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo. Normalmente la caracterización se realiza en ensayos de plantas aisladas o pequeños surcos, debiendo utilizarse un número de plantas que respete la estructura genética de las accesiones.

Los principales tipos de datos de caracterización son: características de plantas, hojas, flores, frutos, semillas y partes subterráneas (Abadie y Berretta, 2010).

En la caracterización varietal, la certificación y la protección intelectual se establecen por una serie de descriptores morfológicos, químicos y fisiológicos, los cuales permiten el cumplimiento de los requisitos de los ensayos de distinción, uniformidad y estabilidad (Montoya *et al.*, 2008).

4.11 Variedades y/o razas locales

En México al igual que en varias partes del mundo, los campesinos conservan la diversidad genética manteniendo las variedades locales tradicionales mediante el uso, conservación y el mejoramiento del recurso. Las variedades existentes, dependiendo de los países y las regiones son el centro de diversidad primario (nativas) o se desarrollan luego de su introducción. Algunas variedades de importancia local en la actualidad, poseen un importante potencial en el desarrollo de nuevos productos, para los cuales se ha contado con insuficientes recursos en la investigación de sus posibilidades (Ferrer y Clauser, 2001).

5. LITERATURA CITADA

- Abadie T. y A. Berretta. 2010. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. *In*: Berretta A. (ed.). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Montevideo, Uruguay. pp. 85-96.
- Agoramoorthy G., F. Chen, V. Venkatesalu, D. Kuo and P. Shea. 2008. Evaluation of antioxidant polyphenols from selected mangrove plants of India. *Asian Journal of Chemistry* 20: 1311-1322.
- Akhani H. and D. Podlech. 1997. *Suaeda* Scop. (Chenopodiaceae) *In*: Rechinger K. (ed.). Flora Iránica 172: 133-152.
- Bareen F. and S. Tahira A. 2011. Metal accumulation potential of wild plants in tannery effluent contaminated soil of Kasur, Pakistan: field trials for toxic metal cleanup using *Suaeda fruticosa*. *J. Hazard Mater* 186:443–450.
- Bennani-Kabachi N., F. El-Bouayadi, L. Kehel, H. Fdhil and G. Marquie. 1999. Effect of *Suaeda fruticosa* aqueous extract in the hypercholesterolaemic and insulin-resistant sand rat. *Therapie* 54:725–730.
- Benwahhoud M., H. Jouad, M. Eddouks and B. Lyoussi. 2001. Hypoglycemic effect of *Suaeda fruticosa* in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Ethnopharmacol* 76:35–38.
- Boulos L. 1991. Notes on *Suaeda* Forssk. ex Scop. Studies in the Chenopodiaceae of Arabia: 2. *Kew Bulletin* 46: 291–296.
- Bye R. y E. Linares. 2000. Los quelites, plantas comestibles de México: una reflexión sobre intercambio cultural. *CONABIO. Biodiversitas* 31:11-14.
- Calderón de Rzedowski G. 2001. Chenopodiaceae. *In*: Calderón de Rzedowski G. y J. Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México, 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Casas A., J. Viveros y J. Caballero. 1994. Etnobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerreo. Instituto Nacional Indigenista-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México.
- Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, U.S.A.
- Dagar J., C. 1995. Characteristics of halophytic vegetation in India. *In*: Khan M., A. and I. Ungar A. (eds.). *Biology of Salt Tolerant Plants*. University of Karachi, Karachi. pp. 255-276.

- Dagar J., C. 2005. Ecology, management and utilization of halophytes. *Bull. Nat. Inst. Ecol.*, 15: 81-97.
- Díaz M., A. 2005. América Latina y su riqueza fitogenética. Conservación, domesticación y sistemas productivos: Un desafío técnico-político. *Agrociencia* 9(1): 19 – 28.
- Duan D., X. Liu, F. Feng and C. Li. 2003 Effects of salinities on seed germination of halophytes *Suaeda salsa*. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 19(6): 168–172.
- Dudley S. and J. Schmitt. 1996. Testing the adaptive plasticity hypothesis: density-dependent selection on manipulated stem length in *Impatiens capensis*. *American Naturalist* 147:445-465.
- Engels J., M., R. Arora K. and L. Guarino. 1995. An introduction to plant germplasm exploration and collecting: planning, methods and procedure, follow-up. *In*: Guarino L., V. Ramanatha and R. Reid, (eds.). *Collecting plant genetic diversity*: CAB International, UK. pp. 31-63.
- Estrada J., R. 2010. Acceso a los recursos genéticos y su relación con el desarrollo de la biotecnología. Curso: “Bioseguridad y biotecnología moderna”. <http://www.lacbiosafety.org/wp-content/uploads/2011/12/Rolando-Estrada-Acceso-a-RRGG-y-Biotecnologia.pdf>. (Consultado el 12 de agosto de 2013).
- FAO 2009. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación. Roma, Italia.
- Ferren W., R., and H. Schenk J. 2004. *Suaeda*. *In*: Flora of North America Editorial Committee Ed. Flora of North America. North of Mexico. Oxford University Press, New York. Vol. 4, pp. 390-398.
- Ferren M., E., y A. Clausen M. 2001. Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del Cono Sur”. *In*: Berretta A. (ed.). *Estrategia en Recursos Genéticos para los Países del Cono Sur*. PROCISUR. pp. 43-57.
- Fisher D., H. Schenk J., J. Thorson A. and W. Ferren R. Jr. 1997. Leaf anatomy and subgeneric affiliations of C₃ and C₄ species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Am. J. Bot.* 84:1198–1210.
- Flowers T., H. Galal and L. Bromham. 2010 Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology* 37: 604–612.
- Freitag H., I. Hedge C., S. Jaffri M., H. Kothe G., S. Omer and P. Uotila. 2001. Flora of Pakistan No. 204 Chenopodiaceae. Department of Botany, University of Karachi, Karachi, Pakistan.

- Fundación Grupo Produce A. C. Distrito Federal. 2008. Agenda de innovación tecnológica investigación y transferencia de tecnología 2009. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/Lists/Agendas%20ITT/Attachments/26/Distrito%20Federal.pdf> (consultado 10 de junio de 2013).
- Glen E. and J. Brown. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 18: 227-255.
- González-Insuasti M. and J. Caballero. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology* 35: 303-314.
- Granados S., D., y G. López F. 1990. Chinampas: Historia y etnobotánica de la “alegría” (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Domesticación de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y Romerillo (*Suaeda diffusa* Wats.). In: Trinidad S., A., F. Gómez L., and G. Suárez R. (Comp.) El Amaranto. *Amaranthus* spp. Su cultivo y aprovechamiento. Montecillo, México. pp. 23-55.
- Guan B., J. Yu, Z. Lu, W. Japhet, X. Chen and W. Xie. 2010. Salt tolerance in two *Suaeda* species: seed germination and physiological responses. *Asian J. Plant Sci.* 9: 194–199.
- Hameed A. and M. Khan A. 2011. Halophytes: Biology and Economic Potentials. *Karachi University Journal of Science* 39: 40-44.
- Heklau H., P. Gasson, F. Schweingruber and P. Baas. 2012. Wood anatomy of Chenopodiaceae (Amaranthaceae s.l.). *IAWA J.* 33: 205–232.
- Hidalgo R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In: Franco T., y Hidalgo R. (eds.). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico Núm. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. pp. 2-26.
- Hodgkin T. 1997. Some current issues in the conservation and use of plant genetic resources In: Ayad W., G., T. Hodgkin, A. Jaradat and V. Rao R. (eds) Molecular genetic techniques for plant genetic resources pp 3-10 Report of an IPGRI Workshop 9-11 October 1995, Rome, Italy.
- Hopkins C., O., and W. Blackwell H. 1977. Synopsis of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Sida* 7:147-173.
- Imbert E. 2002. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 5: 13-36.
- IPGRI. 1993. Diversity for development: International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.

- Izaguirre, P. 2005. Uruguay y Sus Recursos Fitogenéticos en Leguminosas. *Agrociencia* 9(1): 77-83.
- Jaramillo S. y M. Baena. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex - situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia 210 p.
- Justiniano F., A., M. da Silva W. y A. Celso C. 2006. El estado del arte de los recursos genéticos en las américas: conservación, caracterización y utilización. Embrapa. Brasilia, Brasil. 60 p.
- Kadereit G., T. Borsch, K. Weising and H. Freitag. 2003 Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the evolution of C₄ photosynthesis. *Int. J. Plant Sci.* 164:959–986.
- Khan M., A., B. Gul and D. Weber J. 2001. Germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii* under high salinity stress. *Australian Journal of Botany* 49: 185–192.
- Khan M., A., and M. Qaiser. 2006. Halophytes of Pakistan: Characteristics, Distribution and Potential Economic usages. *In* Khan M., A., G. Kust S., H. Barth J. and B. Böer (eds.), *Sabkha Ecosystems*. Springer, Dordrecht, Netherlands 2: 129–153.
- Khan M., A., R. Ansari, H. Ali, B. Gul and B. Nielsen L. 2009 *Panicum turgidum*: a sustainable feed alternative for cattle in saline areas. *Agr. Ecosyst. Environ.* 129:542–546.
- Koyro H., W., M. Khan A. and H. Lieth. 2011. Halophytic crops: A resource for the future to reduce the water crisis? *Emirt. J. Food Agri.* 23: 1-16.
- Li W., P. An and X. Liu. 2008. Effect of storage, stratification, temperature and gibberellins on germination of dimorphic seeds of *Suaeda salsa* under saline conditions. *Seed Science and Technology* 36: 122-132.
- Li X., X. Xiang, J. Zhou, B. Qu and X. Zhou. 2007. Advance of study on soil remediation and sewage treatment by halophyte *Suaeda salsa*. *Jiangsu Environ. Sci. Technol.* 20: 53–54.
- Liu X., C. Yang, L. Zhang, L. Li, S. Liu, J. Yu, L. You, D. Zhou, C. Xia, J. Zhao and H. Wu. 2011. Metabolic profiling of cadmium-induced effects in one pioneer intertidal halophyte *Suaeda salsa* by NMR-based metabolomics. *Ecotoxicology* 20: 1422–1431.
- Lomonosova M., R. Brandt and H. Freitag. 2008 *Suaeda corniculata* (Chenopodiaceae) and related taxa from Eurasia. *Willdenowia* 38: 81-109.
- Mandak B. 1997. Seed heteromorphism and the life cycle of plants: a literature review. *Preslia-Prague* 69: 129-159.
- Meraz L. 2009 Diagnóstico del romerito (*Suaeda torreyana*, Wats) en México Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), Red Romerito. Inédito

- Miranda F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su Clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28:29–179.
- Montoya A., N. Rodríguez, I. Pérez y C. Marín. 2008. Identificación de descriptores morfológicos relevantes para la distinción de variedades y líneas élites de arroz venezolano con fines de protección intelectual. Agronomía Trop. 58(3): 223-232.
- Noguez H., R., A. Carballo C. y H. Flores O. 2013. *Suaeda edulis* (chenopodiaceae), una nueva especie de lagos salinos del centro de México. Botanical Sciences 91 (1): 19-25.
- Painting K. 1996. Introducción a la Colecta de Germoplasma. Unidad 8.1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/documents/information_sources/training_modules/collecting_missions/8-1-1ESPNotas.pdf (consultado el 12 de agosto de 2012).
- Polić D., J. Luković, L. Zorić, P. Boža, L. Merkulov and A. Knežević. 2009. Morpho-anatomical differentiation of *Suaeda maritima* (L.) Dumort. 1827. (Chenopodiaceae) populations from inland and maritime saline area. CEJB 4(1), 117–129.
- Prieto G. y J. Queiroz. 1995. Cultivo por trasplante del *Atriplex alimus* en suelos salinos del altiplano central de Bolivia. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) 177/ Boletín técnico 45/ SR-CRSP 43. La Paz, Bolivia. pp. 1-14.
- Rindos D. 1984. The Origins of Agriculture: an evolutionary perspective. Academic Press, Inc. Orlando.
- Rojas R., T. 1993. "La agricultura chinampera. Compilación histórica". 2da ed. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Schenk H., I. and W. Ferren R. 2001. On the sectional nomenclature of *Suaeda* (Chenopodiaceae). Taxon 50: 857-873.
- Schütze P., H. Freitag and K. Weising. 2003. An integrated molecular and morphological study of the subfamily Suaedoideae Ulbr. (Chenopodiaceae). Plant Systematics and Evolution 239: 257-286.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 12 de agosto de 2013).

- Song B. and Z. Zhang. 2007. Measuring Morphology and Genetic Biodiversity of the *Suaeda salsa* Population in the Huanghe River Delta. *Russian Journal of Ecology* 38 (4): 277–284.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) -. SAGARPA. 2013 México. ¿Qué son los Recursos Fitogenéticos?. México. <http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/recursos-fitogeneticos.aspx> (consultado el 5 de agosto de 2013).
- Towhidi A., T. Saberifar and E. Dirandeh. 2011 Nutritive value of some herbage for dromedary camels in the central arid zone of Iran. *Trop Anim Health Pro* 43:617–622
- Venable D., L. 1985. The evolutionary ecology of seed heteromorphism. *American Naturalist* 126: 577–595.
- Wang C., M. Chen and B. Wang. 2007. Betacyanin accumulation in the leaves of C3 halophyte *Suaeda salsa* L. is induced by watering roots with H₂O₂. *Plant Sci.* 172(1): 1–7.
- Wang L., Z. Huang, C. Baskin and M. Dong. 2008. Germination of Dimorphic Seeds of the Desert Annual Halophyte *Suaeda aralocaspica* (Chenopodiaceae), a C4 Plant without Kranz Anatomy. *Annals of Botany* 102: 757-769.
- Weber D., R. Ansari, B. Gul and M. Khan A. 2007. Potential of halophytes as source of edible oil. *J. Arid Environ.* 68: 315–321.
- Wetson A., C. Zörb and A. John. 2012. High phenotypic plasticity of *Suaeda maritima* observed under hypoxic conditions in relation to its physiological basis. *Annals of Botany* 109(5): 1027-1036.
- Youngman A., L., and S. Heckathorn A. 1992. Effect of salinity on water relations of two growth forms of *Suaeda calceoliformis*. *Functional Ecology* 6: 686-692.
- Zhang J., Y., M. Li H, L. Xu M. and Z. Wang J. 2008. Effect of *Suaeda* seed oil on blood-fat and immunologic function of mouse. *Occup. Health* 24: 1529–1530.
- Zhao K., F. 1991. Desalination of saline soils by *Suaeda salsa*. *Plant Soil* 135:303–305.
- Zhu G., L., S. Mosyankin L. and S. Clemants E. 2003. Chenopodiaceae. *In: Wu Z., Y., P. Raven H. (eds) Flora of China.* Science Press, Beijing, 5: 354–414.
- Zhu M., H., Y. Ding S., D. Zheng C., P. Tao, Y. Ji X., Y. Cui, W. Gong M. and D. Ding W. 2005. Accumulation and tolerance of Cu, Zn, Pb and Cd in plant *Suaeda heteroptera* Kitag in Tideland. *Mar. Environ. Sci.* 24: 13–16.

CAPÍTULO I.

VARIACIÓN AGROMORFOLÓGICA DEL ROMERITO (*Suaeda* spp.) EN MÉXICO.

RESUMEN

Romerito es el nombre común que reciben algunas especies del género *Suaeda* (Chenopodiaceae). Sus brotes tiernos cocidos se utilizan para preparar los tradicionales “romeritos”, platillo típico que se consume principalmente en el Valle de México al principio de la primavera en la Semana Santa o al inicio del invierno en la Navidad. Estas especies se distribuyen de manera natural en las zonas costeras y cuencas cerradas del interior de la República Mexicana. Su cultivo se realiza en San Andrés Mixquic, Distrito Federal, a partir de semillas nativas y silvestres. Con la finalidad de conocer la variabilidad genética e identificar caracteres de interés para iniciar un programa de mejoramiento que permita mejorar la calidad y rendimiento del cultivo, en la presente investigación se planteó el objetivo de caracterizar y agrupar la variación agromorfológica de 70 muestras poblacionales de romerito. La colecta de semilla se realizó en los años 2009 y 2010, en sitios de cultivo y zonas de crecimiento natural. La caracterización se realizó en el año 2011, en Montecillo, estado de México, con base en 11 variables cualitativas y 14 pseudocualitativas y cuantitativas. Los resultados de la investigación a partir de los análisis de correspondencias y discriminante permitieron agrupar la variación del romerito de acuerdo a la zona de colecta en tres grupos. Los caracteres ciclo de vida, número de estambres, tipo de crecimiento en etapa vegetativa, días a floración, fructificación y madurez de semilla fueron los que más aportaron a la diferenciación.

Palabras clave: Romerito, *Suaeda*, variación agro-morfológica, caracterización.

1.1 INTRODUCCIÓN

Romerito es el nombre común que reciben algunas especies de plantas que se consumen principalmente en el Valle de México en la semana santa y la navidad. Pertenecen a la familia Chenopodiaceae y se ubican dentro del género *Suaeda* (Calderón de Rzedowski, 2001). Este género es difícil para los taxónomos, ya que presenta gran variabilidad morfológica que es debida a factores ambientales, pero probablemente también a diferencias genéticas (Ferren y Schenk, 2004).

Las especies de *Suaeda* que reciben el nombre de “Romerito”, “romeritos” o “romero” son *Suaeda nigra* = (*S. torreyana*, *S. moquinni* y *S. diffusa*) (Rzedowski 1978, Espinoza y Sarukhan, 1997), *Suaeda mexicana* (Calderón de Rzedowski, 2001), *Suaeda linearis* (Pineda, 1985) y *S. edulis* (Noguez *et al.*, 2013). Estas especies se distribuyen de manera natural en las zonas costeras y en el fondo salino más o menos inundable de las cuencas cerradas de las regiones áridas o sub-áridas del interior de la República Mexicana. (Miranda y Hernández 1963; Rzedowski, 1978).

La especie de romerito que más se recolecta y cultiva para su consumo es *Suaeda edulis*. Se distribuye en lagos salinos de los estados de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Tlaxcala, Puebla y el Distrito Federal. Crece en suelos con pH alcalino y salinos en pastizales halófitos con pasto salado (*Distichlis spicata*). Esta especie tiene importancia económica y social en la Delegación Tláhuac, Distrito Federal, donde en el año 2012 se sembraron 685 ha con un rendimiento promedio de 7.94 t ha⁻¹ (SAGARPA 2012; Noguez *et al.*, 2013). Sin embargo, no se ha terminado de domesticar ya que actualmente varios productores siembran semilla silvestre que se recolecta en los alrededores del ex lago de Texcoco (Granados y López, 1990).

En México algunos trabajos sobre caracterización y evaluación morfológica de romerito (*Suaeda* spp.) son los realizados por Granados y López (1990) quienes evaluaron caracteres morfológicos en hojas de romerito (*Suaeda diffusa*) silvestre y cultivado. Espinoza y Sarukan (1997) realizaron una descripción morfológica de la semilla, plántula y planta de romerito (*Suaeda torreyana*). Sánchez y Ruiz (2012) evaluaron el efecto del cloruro de sodio y diferentes termoperiodos sobre la germinación de semillas de *Suaeda mexicana*.

A nivel internacional existen varios tratados taxonómicos del género, entre ellos los realizados por Bassett y Crompton (1978) sobre el género *Suaeda* (Chenopodiaceae) en Canada. Hopkins y Blackwell (1977) y Ferren y Schenk, (2004) estudiaron el género en Norteamérica. Pedrol y Castroviejo (1988) realizaron un estudio sobre las variaciones fenotípicas y de la importancia taxonómica de algunos caracteres para la flora ibérica. Fisher *et al.* (1997) estudiaron la anatomía de la hoja de plantas C₃ y C₄ en Norteamérica. Schütze *et al.* (2003) con base en análisis moleculares, propusieron una clasificación infragenérica para *Suaeda*. Ninguna de estas descripciones morfológicas, anatómicas y moleculares fueron realizadas con fines de registro y protección de variedades de romerito.

Dado que en México, único país del mundo donde se cultiva comercialmente el romerito, no se cuenta con variedades protegidas ni registradas, ni resguardo alguno de colectas de semillas, que permitan su caracterización con fines de protección y registro, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la variación agromorfológica de 70 poblaciones cultivadas y silvestres de romerito (*Suaeda* spp.) pertenecientes al Distrito Federal y siete estados del país.

1.2 MATERIALES Y MÉTODOS

1.2.1 Colecta de germoplasma

De enero de 2009 a noviembre de 2010, se colectaron 70 muestras de semilla de romerito; de las cuales 16 proceden de plantas cultivadas en el Distrito Federal y los Reyes de Juárez Puebla. Este germoplasma se obtuvo en los domicilios de los productores y en parcelas de cultivo. Las otras 54 colectas se obtuvieron de plantas silvestres en su hábitat natural, sitios salinos y perturbados del Distrito Federal y los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y San Luis Potosí (Cuadro 1.1). La semilla silvestre, se recolectó preferentemente de al menos 100 plantas por 0.1 ha (Khan, 2003).

Cuadro 1.1. Poblaciones en las que se colectó semilla de romerito (*Suaeda* spp.).

Clave	Estado	Municipio o Delegación	Altitud	Clave	Estado	Municipio	Altitud
TUL-09-01(C)	Distrito Federal	Xochimilco	2233	CAR-10-04	Tlaxcala	El Carmen	2353
CAT-09-01	México	Valle de Xico	2240	CAR-10-05	Tlaxcala	Tequexquitla	2355
MIX-09-06(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2240	CAR-10-06	Tlaxcala	El Carmen	2352
MIX-09-08(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2233	ROM-10-04	Puebla	San José Chiapa	2349
MIX-09-10(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2237	ROM-10-05	Puebla	San José Chiapa	2348
TOC-09-01	México	Texcoco	2231	REY-10-04(C)	Puebla	Reyes de Juárez	2160
TLA-09-01(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2241	REY-10-05(C)	Puebla	Reyes de Juárez	2160
REY-09-01(C)	Puebla	Reyes de Juárez	2160	BAR-10-01	S.L.P.	Río Verde	1030
BOY-09-01	México	Texcoco	2243	BAR-10-02	S.L.P.	Río Verde	1030
CRU-09-01	México	Texcoco	2241	BAR-10-03	S.L.P.	Río Verde	1030
OZU-09-01	México	Tecámac	2243	BAR-10-04	S.L.P.	Río Verde	1029
XAL-09-01	México	Nextlalpan	2244	BAR-10-06	S.L.P.	Río Verde	1030
TON-09-01	México	Tonanitla	2244	BAR-10-07	S.L.P.	Río verde	1030
TON-09-02	México	Tonanitla	2240	BAR-10-08	S.L.P.	Río verde	1030
CAR-09-01	Tlaxcala	El Carmen	2348	QUE-10-01	Michoacán	Queréndaro	1835
ROM-09-01	Puebla	San Jose Chiapa	2347	QUE-10-02	Michoacán	Queréndaro	1837
ROM-09-02	Puebla	San José Chiapa	2348	COP-10-01	Michoacán	Copándaro	1836
ROM-09-03	Puebla	San Jose Chiapa	2347	CUI-10-02	Michoacán	Cuitzeo	1836
BET-09-01	Guanajuato	Salvatierra	1726	CUI-10-03	Michoacán	Cuitzeo	1837
BET-09-02	Guanajuato	Salvatierra	1743	BET-10-03	Guanajuato	Salvatierra	1726
CUI-09-01	Michoacán	Cuitzeo	1836	BET-10-04	Guanajuato	Salvatierra	1734
ECA-09-01	México	Ecatepec	2239	BET-10-05	Guanajuato	Salvatierra	1730
ZUM-09-01	México	Zumpango	2247	VOL-10-01	Guanajuato	Valle de Santiago	1695
AME-09-02	México	Texcoco	2234	VOL-10-02	Guanajuato	Valle de Santiago	1696
MON-09-09	México	Texcoco	2239	SAY-10-01	Jalisco	Sayula	1350
GRE-09-01(C)	Distrito Federal	Xochimilco	2257	SAY-10-02	Jalisco	Sayula	1346
MIX-10-21(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2237	SAY-10-03	Jalisco	Sayula	1347
MIX-10-22(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2237	SAY-10-04	Jalisco	Sayula	1349
MIX-10-31(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2257	SAY-10-05	Jalisco	Sayula	1348
MIX-10-32(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2257	SAY-10-06	Jalisco	Sayula	1350
MIX-10-33(C)	Distrito Federal	Tláhuac	2237	ZUM-10-02	México	Zumpango	2247
SAL-10-01(C)	Distrito Federal	Iztapalapa	2244	ZUM-10-02	México	Tecámac	2243
TUL-10-11(C)	Distrito Federal	Xochimilco	2233	OZU-10-04	México	Tecámac	2244
CAR-10-02	Tlaxcala	El Carmen	2355	PED-10-02	México	Tecámac	2247
CAR-10-03	Tlaxcala	Tequexquitla					
		El Carmen	2354	XAL-10-04	México	Nextlalpan	2240
		Tequexquitla					

Notas: S.L.P. (San Luis Potosí). (C) Semilla de plantas cultivadas.

1.2.2 Caracterización agromorfológica

La siembra se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, estado de México durante el ciclo primavera verano 2011. Las semillas de cada una de las 70 muestras poblacionales se sembraron para su caracterización en charolas de poliestireno de 200 cavidades con peat moss como sustrato. Se utilizaron 50 cavidades por colecta, y en cada cavidad se depositaron tres semillas de cada población. La fertilización de las plántulas se inició a los 20 días después de la siembra (DDS). Se aplicó el fertilizante foliar 9-45-15 a razón de 1 gr/l cada semana. A los 50 DDS se trasladaron 25 plántulas de cada colecta, con una separación de 0.8 entre surco y 0.4 entre plantas en los campos experimentales del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, estado de México. La fórmula general de fertilización que se aplicó durante el ciclo de cultivo fue 120-70-00 de N-P-K. Durante el ciclo se aplicaron 6 riegos por gravedad a la parcela. La caracterización se hizo con base en 25 caracteres, 11 cualitativos, 2 pseudocualitativos y 12 cuantitativos (Cuadros 1.2 y 1.3). Dado que a nivel nacional o internacional no existe una guía técnica para la descripción de variedades de romerito (*Suaeda* spp.), se tomó como referencia la guía TG/247/1 y manual gráfico para la descripción varietal de amaranto (UPOV, 2008 y Carballo y Ramírez, 2006), los descriptores de quinoa (CIRF/IBPGR, 1981) y los estudios taxonómicos de Pedrol y Castroviejo (1988), Schütze *et al.* (2003) y Ferren y Schenk (2004).

Cuadro 1.2. Caracteres cualitativos utilizados para la descripción de romerito (*Suaeda spp.*).

Carácter	Nivel de expresión	Tipo de expresión
Cotiledón: Pigmentación betacianinica	1	Ausente
	2	Presente
Hipocótilo: Nivel de pigmentación betacianinica	1	Media
	2	Alta
Tipo de crecimiento: Etapa vegetativa	1	Postrados
	2	No postrados
Hoja: Grosor	1	Estrecha
	2	Ancha
Hoja: Ápice	1	Acuminado
	2	Agudo
Estambres: Número	1	Dos estambres
	2	Cinco estambres
Inflorescencia: Posición	1	Terminal
	2	Axilar
Flor: Simetría	1	Zigomorfo
	2	Actinomorfo
Semilla: Color	1	Negra
	2	Negra y café
Planta: Ciclo de vida	1	Anual
	2	Perenne
Pistilo: tamaño	1	Corto
	2	Largo

Cuadro 1.3. Caracteres pseudocualitativos y cuantitativos utilizados para la descripción de romerito (*Suaeda spp.*).

Carácter	Nivel de expresión	Tipo de expresión
Hábito de crecimiento de la planta *	1	Postrado
	2	Decumbente
	3	Semierecto
	4	Erecto
Color del follaje de la planta *	1	Verde
	2	Verde claro
	3	Verde fuerte
	4	Verde - amarillo
Longitud de la hoja	S/N	Centímetros (cm)
Días a emergencia	S/N	DDS
Días a aparición de las hojas cotiledonales	S/N	DDS
Días a la aparición del primer par de hojas	S/N	DDS
Días a la aparición del octavo par de hojas	S/N	DDS
Días a floración	S/N	DDS
Días a fructificación	S/N	DDS
Días a madurez	S/N	DDS
diámetro mayor de la semilla	S/N	Milímetros (mm)
diámetro menor de la semilla	S/N	Milímetros (mm)
Peso de 1000 semillas	S/N	Miligramos (mg)

Nota: Las letras S/N (sin nivel de expresión) se expresan en sus unidades respectivas. DDS: Días después de la siembra.

* Caracteres pseudocualitativos. S/N. Sin nivel de expresión, no obstante en la guía y manual gráfico de romerito se asignaran niveles de expresión.

1.2.3 Análisis estadístico

Con el propósito de estudiar las relaciones entre el conjunto de estados de colecta (Distrito Federal, México, Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y San Luis Potosí) y las variables cualitativas (Cuadro 1.2), se realizó un análisis de correspondencias. Los principios de este método se basan en la representación de filas y columnas de una tabla como puntos en un mapa, con una interpretación geométrica específica de sus posiciones, que permite interpretar las similitudes y las diferencias entre filas y entre columnas, así como la asociación entre filas y columnas. Este análisis emplea las distancias ji cuadrada para calcular la disimilaridad (o similaridad) entre las frecuencias en cada celda de una tabla de contingencia (Greenacre, 2008).

A partir del agrupamiento de las poblaciones de romerito por zona de colecta, que se obtuvo en el análisis de correspondencias, se decidió que a las variables cuantitativas se les realizara un Análisis Discriminante Canónico, retomando la siguiente agrupación. Grupo 1 (zona Occidente), poblaciones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco; Grupo 2 (Zona norte), colectas de San Luis Potosí y Grupo 3 (Zona centro), accesiones del Distrito Federal, estado de México, Puebla y Tlaxcala. El análisis discriminante clasifica a los individuos entre los grupos considerando las variables que más y mejor caracterizan y, en consecuencia, diferencian a los grupos. A estas variables, en el análisis discriminante, se les denominan variables canónicas o discriminantes, se presentan como combinaciones lineales de las variables originales y se expresan por una función discriminante (Pozo y Carrasco, 2005).

Los análisis de correspondencias y discriminante canónico se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. (1999).

1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.3.1 Variación en caracteres agro-morfológicos cualitativos

Ciclo de vida. Las siete poblaciones de San Luis Potosí fueron de ciclo perenne, al igual que dos del estado de México (AME-09-02 Y MON-09-09), una de Tlaxcala (CAR-10-04) y otra de Puebla (ROM-09-02). Las otras 59 poblaciones son de ciclo anual. Este carácter algunas veces causa confusión entre los colectores de plantas y taxónomos, ya que generalmente las plantas se colectan de mayo a octubre (época de floración y fructificación) y al no dar seguimiento no se conoce el ciclo completo. Incluso se prefiere utilizar el término planta anual o perenne, para algunas especies del género entre ellas *Suaeda esteroa* (Ferren y Schenk 2004); *Suaeda linearis* (Fisher *et al.*, 1997) y *Suaeda mexicana* (Calderón de Rzedowski, 2001).

Las poblaciones anuales del Distrito Federal, Puebla y Tlaxcala, tuvieron una mayor asociación con ausencia de betacianinas en el cotiledón y presencia media de betacianinas en el hipocotilo. Por su parte, en todas las poblaciones anuales de Guanajuato, Michoacán y Jalisco, al igual que las perennes de San Luis Potosí, México, Puebla y Tlaxcala se observó que se asocian más con la presencia de betacianinas en el cotiledón y niveles altos de betacianinas en el hipocotilo. De las poblaciones anuales del estado de México, en un 40 % hubo presencia de betacianinas en el cotiledón y 33% presentaron hipocótilos con alta presencia de betacianinas. Otros autores que reportan la presencia de betacianinas en los cotiledones e hipocotilo en plántulas de *Suaeda* son Wang *et al.* (2006) y Wang *et al.* (2007), quienes encontraron que el peróxido de hidrogeno, la presencia o ausencia de luz y los niveles de salinidad están involucrados en la acumulación de betacianinas tanto en los cotiledones como en el hipocotilo de *Suaeda salsa*. Espinoza y Sarukán (1997) identificaron plántulas de *Suaeda torreyana* con presencia de betacianinas en el hipocótilo.

1.3.2 Caracteres poco variables

El dimorfismo de semilla prácticamente no presentó variación, excepto las siete colectas procedentes de San Luis Potosí (Cuadro 1 y 4). Entre ellas (BAR-10-0, BAR-10-02, BAR-10-03, BAR-10-04, BAR-10-06) pertenecientes a la especie *Suaeda mexicana*, y las dos poblaciones (BAR-10-07, BAR-10-08) de la especie *Suaeda nigra* que sólo presentaron semillas de color negro. Las 63 colectas restantes presentaron semillas de color negro y café. Lo anterior coincide con lo reportado por Schütze *et al.* (2003), quienes mencionan que algunas especies de *Suaeda* no producen dos tipos diferentes de semillas (dimorfismo), y en otras su proporción varía mucho entre los individuos.

El número de estambres visibles en todas las poblaciones con ciclo de vida anual fue dos o tres; por su parte todas las poblaciones perennes mostraron cinco estambres largos visibles. Lo anterior difiere con los resultados de Lomonosova *et al.* (2008), quienes reportan para las especies anuales de *Suaeda corniculata* cinco estambres, o menos en las flores laterales; *Suaeda tuvinica*, por lo general menos de 5, a menudo 1; y *Suaeda kulundensis* con cinco o menos por el aborto de flores laterales. Sin embargo, se concuerda con lo reportado por Teillier (1996) quien clasificó a las especies chilenas de *Suaeda* en función de su número de estambres de la siguiente manera: Especie anual, 1-2 estambres; Especies perennes, con 5 estambres.

La simetría de la flor actinomorfa (radial) únicamente se presentó en dos poblaciones de San Luis Potosí (BAR-10-07 y BAR-10-08), por su parte las 68 poblaciones restantes, presentaron flores con simetría zigomorfa. Lo anterior coincide con lo reportado por Ferren y Schenk (2004) quienes indican que las especies de *Suaeda* sect. *Brezia*, presentan flores con simetría zigomorfa y las especies de *Suaeda* sect. *Limbogermen* tienen flores actinomorfas.

Cuadro 1.4. Tabla de contingencia de caracteres cualitativos y estado de colecta de romerito (*Suaeda* spp.).

		DF	MEX	TLA	PUE	GTO	MICH	JAL	SLP	TOTAL
Pigmentación betacianinica en cotiledones	Ausente	12	9	4	7	0	0	0	0	32
	Presente	1	8	2	1	7	6	6	7	38
Nivel de pigmentación betacianinica en el hipocotilo	Media	13	10	5	7	1	1	1	0	38
	Alta	0	7	1	1	6	5	5	7	32
Ciclo de vida de la planta	Anual	13	15	5	7	7	6	6	0	59
	Perenne	0	2	1	1	0	0	0	7	11
Color de las semillas	Negra y café	13	17	6	8	7	6	6	0	63
	Negra	0	0	0	0	0	0	0	7	7
Ápice de las hojas	Acuminado	13	17	6	8	7	6	6	0	63
	Agudo	0	0	0	0	0	0	0	7	7
Posición de las inflorescencias	Axilar	13	17	6	8	7	6	6	2	65
	Terminal	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Simetría de la flor	Zigomorfa	13	17	6	8	7	6	6	5	68
	Actinomorfa	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Número de estambres visibles	Dos	13	15	5	7	7	6	6	0	59
	Cinco	0	2	1	1	0	0	0	7	11
Grosor de la hoja	Estrecha	13	15	5	7	0	0	0	0	40
	Ancha	0	2	1	1	7	6	6	7	30
Tipo de crecimiento en la etapa vegetativa	No postrado	13	15	5	7	0	0	0	7	47
	Postrado	0	2	1	1	7	6	6	0	23
Tamaño del pistilo	Corto	13	15	5	7	7	6	6	0	59
	Largo	0	2	1	1	0	0	0	7	11
TOTAL		143	187	66	88	77	66	66	77	770

DF = Distrito Federal, MEX=México, TLA = Tlaxcala, PUE = Puebla, GTO = Guanajuato, MICH = Michoacán, JAL= Jalisco y SLP = San Luis Potosí.

Los caracteres tipo de crecimiento postrado en etapa vegetativa y hojas anchas se presentaron en las poblaciones de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y las perennes de Tlaxcala, Puebla y México. Las poblaciones restantes no fueron postradas en su etapa vegetativa y tampoco presentaron hojas anchas. Lo anterior coincide con lo reportado por Youngman y Heckathorn (1992) quienes mencionan que la especie *Suaeda calceoliformis* puede tener plantas postradas y erectas.

El análisis de correspondencias que se realizó a las once variables cualitativas (Cuadro 1.5) de romerito (*Suaeda* spp.), indica que los dos primeros valores propios (correspondencias) explican el 97.61% de la variabilidad total. La primera y segunda dimensión aportaron el 71.01 y 26.60 %, respectivamente. Lo anterior explica que el poder discriminante de las once variables cualitativas utilizadas en la investigación es aceptable. Las variables permitieron separar poblaciones de *Suaeda* por estado, con alta confiabilidad estadística.

Este análisis permitió la formación de tres grupos (Figura 1.1). El Grupo 1 se conformó por 19 accesiones de los estados de Guanajuato (GTO), Michoacán (MICH) y Jalisco (JAL), que representaron el 27.1 % del total de la colección. El total de las accesiones de esta clase pertenecen a la especie *Suaeda edulis* (Noguez *et al.*, 2013). Se caracterizaron por presentar crecimiento postrado en la etapa vegetativa (PJ), presencia de betacianinas en el cotiledón (CPR), hipocotilo con presencia alta de betacianinas (HBA) y hojas anchas (HA).

Cuadro 1.5. Valores de la descomposición de la inercia y Ji cuadrada del análisis de correspondencia simple en 70 poblaciones de romerito (*Suaeda* spp.).

Valor singular	Inercia principal	Distancia Ji cuadrada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0.69033	0.47656	369.809	71.01	100.00
0.42250	0.17851	138.521	26.60	97.61
0.08866	0.00786	6.099	1.17	98.78
0.07441	0.00554	4.297	0.83	99.60
0.04902	0.00240	1.864	0.36	99.96
0.01604	0.00026	0.200	0.04	100.00
Total	0.67112	520.790	100.00	

Grados de libertad 147

Grupo 2, se integró por las poblaciones de Puebla (PUE), Distrito Federal (DF), México (MEX) y Tlaxcala (TLA). Las especies anuales de este grupo pertenecen a la especie *Suaeda edulis*, en las que es más frecuente encontrar cotiledones con ausencia de betacianinas (CA); hipocotilo con presencia media de betacianinas (HBM); hojas estrechas (HE) y no son postradas en etapa vegetativa (NP).

Asimismo se observa en la Figura 1.1. que existen caracteres compartidos entre los grupos 1 y 2, tales como dimorfismo de semilla (SA), inflorescencia axilar (IA), ápice acuminado (AAC), plantas anuales (CAN) y dos estambres (DE), pistilo corto (PC) y fruto zigomorfo.

El Grupo 3 lo conforman las poblaciones de romerito provenientes de San Luis Potosí (SLP), que están más asociadas con plantas de ciclo de vida perenne (CPE), cinco estambres (CE), pistilo largo (PL), inflorescencia terminal (IT), semilla negra (SN), ápice agudo (AA) y frutos actinomorfos (FA). Estos resultados son diferentes a los reportados para *Suaeda mexicana* por Standley (1916), que la describió como una planta anual.

1.3.3 Variación en caracteres agro-morfológicos, pseudocualitativos y cuantitativos

En el análisis discriminante canónico (CANDISC) se observó que las dos primeras variables canónicas (CAN1 y CAN2) resultaron significativas y ambas explicaron el 100 % de la varianza total. El valor propio de la primera función discriminante (ROEDO1) explicó el 57.03 %, mientras que la segunda (ROEDO2) aportó el 42.97 % (Cuadro 1.6). Las variables canónicas sintetizan la correlación entre los tres grupos de poblaciones de romerito y los caracteres cuantitativos.

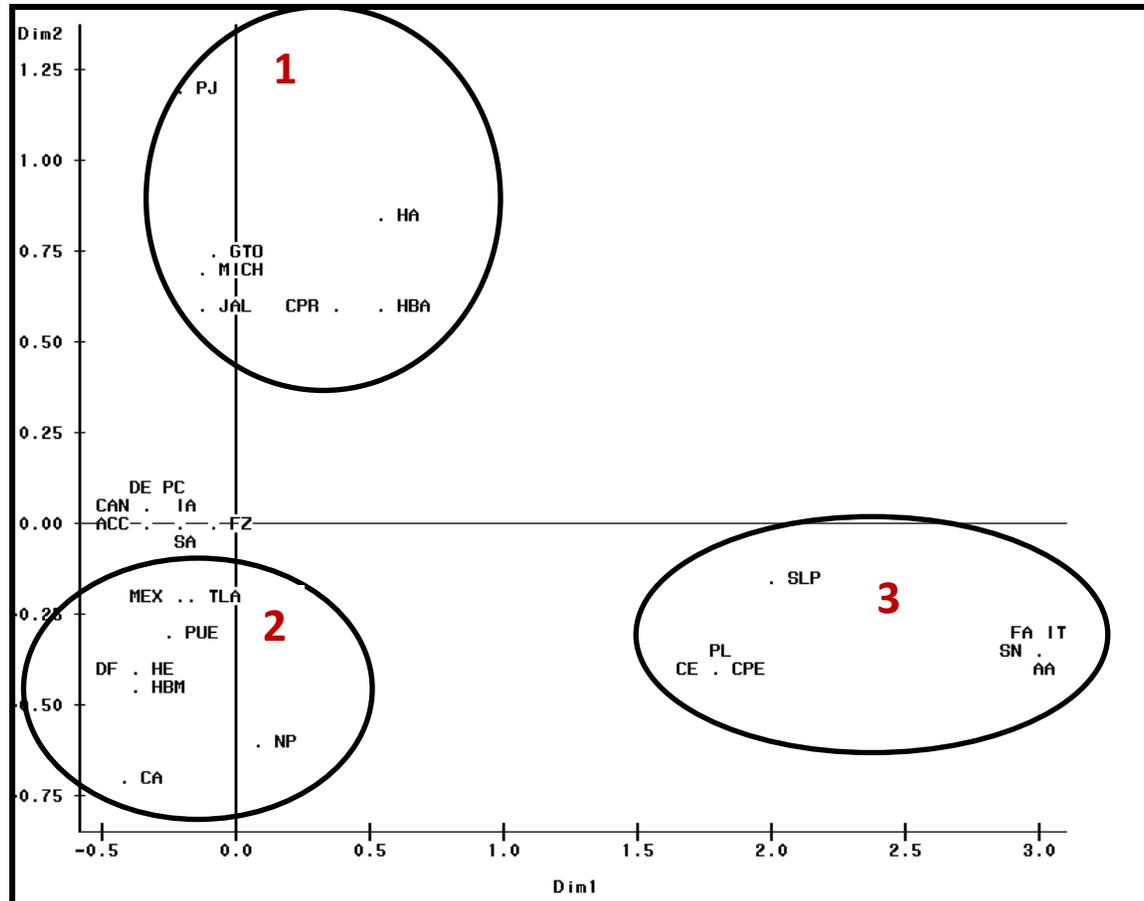


Figura 1.1. Análisis de correspondencia basado en datos agro-morfológicos de romerito (*Suaeda* spp.). Donde 1), corresponde a poblaciones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco que se asociaron por su crecimiento postrado en etapa vegetativa (PJ), presencia de betacianinas en el cotiledón (CPR); 2) poblaciones de Tlaxcala, México, Puebla y Distrito Federal que presentaron hojas estrechas, hipocotilo con presencia media de betacianinas (HBM), ausencia de betacianinas en el cotiledón (CA) y hojas estrechas; y 3) poblaciones de San Luis Potosí, asociadas con plantas perennes (CPE), con 5 estambres (CE) y pistilo largo (PL).

El análisis discriminante permitió identificar los caracteres que tuvieron mayor relevancia en la definición de los tres grupos de poblaciones de romerito (*Suaeda* spp.) previamente identificados en el análisis de correspondencias.

Cuadro 1.6. Análisis discriminante en colectas de romerito (*Suaeda* spp.).

Variable canónica	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulado	Pr > F
1	8.8691	2.1865	0.5703	0.5703	<.0001
2	6.6826		0.4297	1.0000	<.0001

En el caso de los coeficientes canónicos estandarizados (Cuadro 1.7), se observó que su valor absoluto, para la variable discriminante 1 (ROEDO1) tuvo mayor correlación positiva con los caracteres: días a madurez y días a floración; y correlación negativa con días a fructificación.

Cuadro 1.7. Coeficientes canónicos estandarizados de colectas de romerito (*Suaeda* spp.).

Variable	CAN 1	CAN 2
Longitud de hoja	0.409348083	-0.605430306
Hábito de crecimiento	-0.582617113	0.228368398
Color del follaje	0.664982625	1.127522756
Altura de planta	-0.457268133	1.123326044
Días a emergencia	0.505396593	-0.132408565
Días de aparición de hojas cotiledonales	-0.579106165	0.251201934
Días de aparición de primer par de hojas	0.482337994	0.271428345
Días a la aparición del octavo par de hojas	0.382762703	-0.273682036
Días a floración	1.142870672	-0.387693527
Días a fructificación	-2.458817460	-1.496596873
Días a madurez	2.379470008	2.175409116
Diámetro mayor de la semilla	0.180650681	0.645674545
Diámetro menor de la semilla	-0.179797578	-1.136837226
Peso de 1000 semillas	-0.109098335	-0.082173908

Para la variable discriminante 2 (ROEDO2) la mayor correlación positiva se tuvo con altura de planta y color de follaje; se tuvo correlación negativa con diámetro menor de la semilla.

La distribución de romerito (*Suaeda* spp.) en el espacio canónico bidimensional se presenta en la Figura 1.2, donde se observa la conformación de tres grupos de poblaciones previamente identificados por la región de colecta y caracteres cualitativos.

Grupo I. Norte (NOR). Se ubica en el cuadrante 1, lo forman las poblaciones de San Luis Potosí, colectadas a una altitud promedio de 1030 m. Se agrupan principalmente por ser de ciclo vegetativo intermedio a la floración, fructificación y madurez de semilla. Las plantas de estas poblaciones estuvieron más asociadas a una mayor altura y menor diámetro de semilla.

Grupo 2, Occidente. Este grupo está representado por poblaciones de Jalisco, Guanajuato y Michoacán. Se colectaron en un rango altitudinal de 1346 a 1837 m. Se caracterizan, por ser de menor altura, color verde claro, hábito de crecimiento decumbente, en términos generales se comportaron como las más tardías a la floración, fructificación y madurez de semilla, especialmente las provenientes del estado de Jalisco. El tipo de crecimiento decumbente en la floración de las accesiones de este grupo coincide con lo reportado por Lomonosova *et al.* (2008) para la especie *S. corniculata* con forma de crecimiento de prostrado a ascendente.

Grupo 3, Centro. Plantas provenientes de semillas colectadas en Puebla, México, Tlaxcala y el Distrito Federal, en un rango altitudinal de 2160 a 2355 m. Se localizan en la parte central-inferior, se caracterizan por ser de color verde, de hábito de crecimiento semierecto y erecto, altura intermedia y como las más precoces, referente a la floración, fructificación y madurez de la semilla; lo cual coincide en parte con lo que reportan Ferren y Schenk (2004) para la especie *S. occidentalis*, que la describen como una planta anual de crecimiento erecto. Difiere respecto a la altura de la planta, ya que las plantas erectas del centro de México son más altas que *S. occidentalis* que tiene una altura de 5 a 35 cm.

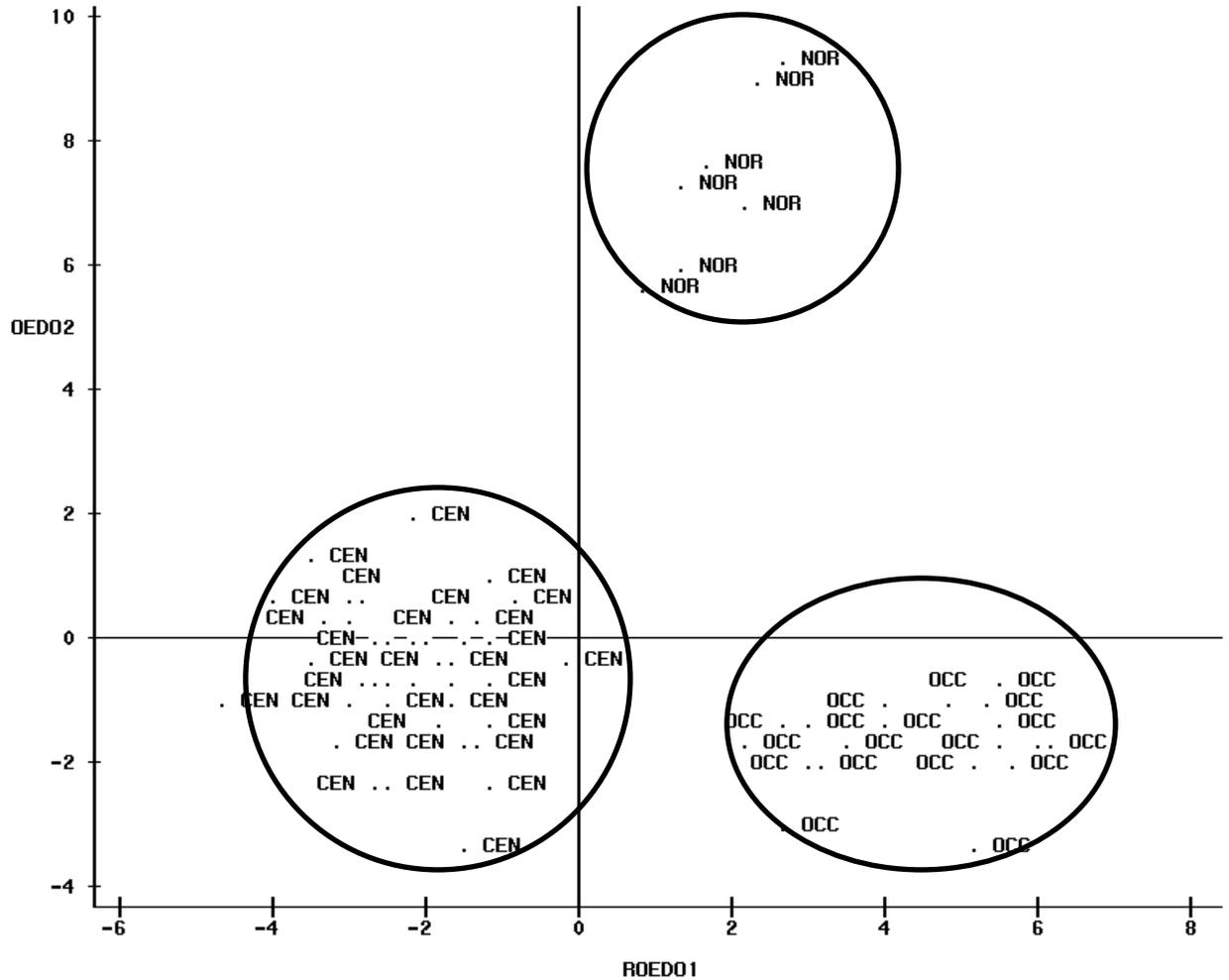


Figura 1.2. Distribución de las colectas de romerito (*Suaeda* spp.) en el espacio canónico bidimensional. Donde CEN corresponde a poblaciones del Distrito Federal, México, Puebla y Tlaxcala; NOR corresponde a poblaciones de San Luis Potosí; y OCC corresponde a poblaciones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

Analizando la distribución de romerito (*Suaeda* spp) en el espacio canónico bidimensional (Figura 1.2), se puede observar que la propuesta de agrupar en tres grupos las poblaciones del centro de México es correcta.

De acuerdo con la prueba de significancia entre las distancias de Mahalanobis, calculadas por el análisis discriminante canónico (Cuadro 1.8) los tres grupos de romerito fueron diferentes ($p < 0.0001$).

Cuadro 1.8. Distancia Mahalanobis entre grupos de romerito (*Suaeda spp.*).

Grupo	CEN	NOR	OCC
Centro (CEN)	0	27.11 ***	33.86 ***
Norte (NOR)	27.11***	0	26.27 ***
Occidente (OCC)	33.86 ***	26.27 ***	0

***Altamente significativas

Adicionalmente cabe señalar que estos resultados indican la importancia que tiene el ambiente de origen de la colecta en cuanto a la época de floración, fructificación y madurez de la semilla de romerito.

1.4 CONCLUSIONES

El análisis estadístico multivariado y discriminante canónico de la caracterización agromorfológica permitió identificar tres grupos, donde los caracteres morfológicos cuantitativos que más aportaron a la diferenciación fueron:

- Cualitativos: Ciclo de vida, color de semilla, número de estambres y tipo de crecimiento en etapa vegetativa.
- Cuantitativos: Días a floración, fructificación, madurez de semilla y diámetro menor de la semilla.

Los tres grupos de poblaciones de romerito quedaron claramente definidos de la siguiente manera:

Grupo 1 (Zona norte), que incluyó colectas provenientes del estado de San Luis Potosí; Grupo 2 (Zona occidente), que incluyó colectas provenientes de los estados de Jalisco, Guanajuato y Michoacán; y Grupo 3 (Zona centro), que incluyó colectas provenientes del Distrito Federal y los estados de México, Puebla y Tlaxcala.

1.5 RECOMENDACIONES

La caracterización agromorfológica permitió ubicar caracteres que en un futuro próximo deben ser utilizados en los programas de mejoramiento genético del romerito (*Suaeda* spp.).

Se deben continuar los estudios de caracterización de romerito a nivel morfológico, agronómico, fenológico, anatómico, molecular y fitoquímico, debido a la poca información que existe en el país de este cultivo.

A partir del análisis de correspondencias y discriminante, se está aportando un nuevo agrupamiento de las poblaciones de romerito de México.

1.6 LITERATURA CITADA

- Bassett I., J., and C. Crompton W. 1978. The genus *Suaeda* (Chenopodiaceae) in Canada. *Can. J. Bot.* 56: 581-591.
- Calderón de Rzedowski G. 2001. Chenopodiaceae. *In:* Calderón de Rzedowski G. y Rzedowski J. Eds. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Carballo C., A., y M. E. Ramírez. 2006. Manual gráfico para la descripción varietal en amaranto (*amaranthus* spp). México.
- Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos and International Board for Plant Genetic Resources (CIRF/IBPGR). 1981. Descriptores de quinoa. Roma , Italia.
- Espinosa F., J., y J. Sarukhán 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Ediciones Científicas Universitarias UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Ferren W., R., and H. Schenk J. 2004. Suaeda. *In:* Flora of North America Editorial Committee Ed. Flora of North America. North of Mexico. Oxford University Press, New York. Vol. 4, pp. 390-398.
- Fisher D., D., H. Schenk J., J. Thorsch A., and W. Ferren R. 1997. Leaf anatomy and subgeneric affiliations of C₃ and C₄ species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *American Journal of Botany* 84:1198-1210.
- Greenacre M. 2008. La práctica del análisis de correspondencias. Fundación BBVA. Barcelona, España.
- Granados D., y G. López 1990. “Chinampas: Historia y etnobotánica de la “alegría” (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Domesticación de verdolaga (*Portulaca oleraceae* L.) y romerillo (*Suaeda difusa* Wats.)”. *In:* El Amaranto *Amaranthus* spp. su cultivo y aprovechamiento. A. Trinidad S., F. Gómez L., y G. Suárez R. (comps.). Talleres Graficos de la Nación. México.
- Hopkins C., O., and W. Blackwell H. 1977. Synopsis of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Sida* 7:147-173.
- Khan M., A., I. Ungar A., and B. Gul. 2003. Alleviation of salinity-enforced seed dormancy in *Atriplex prostrata*. *Pak. J. Bot.* 36: 907-912.
- Miranda F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su Clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29–179.
- Lomonosova M., B. Ronny and F. Helmut. 2008. *Suaeda corniculata* (Chenopodiaceae) and related new taxa from Eurasia. *Willdenowia* 38: 81-109.
- Noguez H., R., A. Carballo C. y H. Flores O. 2013. *Suaeda edulis* (chenopodiaceae), una nueva

- especie de lagos salinos del centro de México. *Botanical Sciences* 91 (1): 19-25.
- Pedrol J., y S. Castroviejo 1988. A propósito del tratamiento taxonómico y nomenclatural del género *Suaeda* Forsskal ex Scop. (Chenopodiaceae) en "Flora Iberica". *Anales Jardín Botánico de Madrid* 45 (1):93-102.
- Pineda R., A. 1985. Estudio piloto para la restauración del hábitat de aves acuáticas migratorias en el sureste de México. Instituto Nacional de Ecología-Tecnología Ambiental y Restauración Ecológica S.A. de C.V.
- Pozo D., M., G. Carrasco O. 2005. Aplicación del análisis discriminante a un conjunto de datos vinícolas mediante el paquete estadístico spss v10. *Tecnociencia* 7 (1): 7-21.
- Rzendowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, DF.
- Sánchez T., G., y A. Ruiz T. Efecto del NaCl y de los termoperiodos sobre la germinación de semillas de *Suaeda mexicana* (Standl.) Standl. (Chenopodiaceae). *Tecnología en Marcha* 25 (3): 58-69.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 12 de junio de 2013).
- Schütze P., H. Freitag and K. Weising 2003. An integrated molecular and morphological study of the subfamily Suaedoideae Ulbr. (Chenopodiaceae). *Plant Systematics and Evolution* 239:257-286.
- Standley P., C. 1916. Chenopodiaceae. In: Britton N.L., Murrill W.A. and Barnhart J.H. Eds. *North American Flora* 21 part 1, pp. 3-93, The New York Botanical Garden, New York.
- Teillier S. 1996. Las especies del genero *Suaeda* (Chenopodiaceae) en Chile. *Gayana* 53 (2): 265-276.
- Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). 2008. TG/247/1: Guía para la descripción varietal en amaranto. 187 p.
- Wang C., Q., J. Zhao Q., M. Chen, and B. Wang S. 2006. Identification of betacyanin and effects of environmental factors on its accumulation in halophyte *Suaeda salsa*. *J. Plant. Physiol. Mol. Biol.* 32(2): 195-201.
- Wang, C., Q., M. Chen, and B. S. Wang, 2007. Betacyanin Accumulation in the Leaves of C3 Halophyte *Suaeda salsa* L. is Induced by Watering Roots with H₂O₂, *Plant Sci.* 172 (1): 1-7.
- Youngman A., L., and S. Heckathorn A. 1992. Effect of Salinity on Water Relations of Two Growth Forms of *Suaeda calceoliformis*. *Functional Ecology.* 6: 686-692.

CAPÍTULO II.

Suaeda edulis (CHENOPODIACEAE), UNA NUEVA ESPECIE DE LAGOS SALINOS DEL CENTRO DE MEXICO

RESUMEN

Se describe e ilustra una nueva especie de *Suaeda*, perteneciente a la familia botánica Chenopodiaceae, sect. *Brezia*, *Suaeda edulis* Flores Oliv. & Noguez sp. nov. La especie conocida como “romerito” se cultiva en la zona agrícola de San Andrés Mixquic, Distrito Federal y se recolecta de poblaciones silvestres en los estados de México, Puebla, Tlaxcala y Jalisco, para su consumo en las celebraciones de cuaresma, semana santa y navidad. Se distribuye de manera natural alrededor de lagos salinos de los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México, Distrito Federal, Tlaxcala y Puebla. *Suaeda edulis* fue confundida con *S. nigra* (= *S. torreyana*) y con *S. mexicana*, pero *S. edulis* es similar a *S. calceoliformis* y se caracteriza por ser una hierba anual, erecta a ascendente, con flores zigomorfas y uno a tres segmentos del perianto con alargamientos apicales como cornículos y, en fruto, con alas transversales en la base evidentemente nervadas. Las flores tienen 2-3 estambres y están dispuestas en glomérulos axilares, de 1 a 5 flores, en toda la planta, algunas veces arregladas en espigas terminales y axilares; las semillas son lenticulares, presentan dimorfismo en color, de 0.9-1.6 mm de diámetro.

Palabras clave: Romerito, *Suaeda* sect. *Brezia*, *S. calceoliformis*, *S. mexicana*, *S. nigra*.

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1 Descripción del género *Suaeda*

El género *Suaeda* Forssk. ex Scop., con alrededor de 110 especies (Ferren y Schenk, 2004), pertenece a la subfamilia Suaedoidae Ulbr. de la familia Chenopodiaceae (Schütze *et al.*, 2003). Tiene una distribución cosmopolita en la costa, regiones de clima árido, semiárido y en las partes bajas de cuencas cerradas (Hopkins y Blackwell, 1977; Rzedowski, 1978). Son hierbas anuales o perennes, subarbustos o arbustos, con tallos erguidos o postrados, glabros o pubescentes, hojas sésiles o subsésiles, alternas u opuestas, enteras, carnosas, aplanadas, o cilíndricas, flores pequeñas con perianto actinomorfo o zigomorfo, de cinco segmentos, verdes, suculentos, persistentes y envolviendo al fruto, (1-2-) 5 estambres, 2-5 estigmas; flores arregladas en glomérulos en las axilas de brácteas foliares, espigas o en racimos, utrículos con pericarpo membranáceo y semilla horizontal o vertical, lenticular, presencia o ausencia de dimorfismo (Calderón de Rzedowski 2001; Zhu *et al.*, 2003, Schenk y Ferren 2001; Ferren y Schenk, 2004).

2.1.2 Confusiones taxonómicas del género

Suaeda es un género difícil para los taxónomos, que incluye especies polimórficas, cuya variación parece que es debida a factores ambientales, pero probablemente también a diferencias genéticas (Ferren y Schenk, 2004). Reconociendo la confusión taxonómica del género, Hopkins y Blackwell, (1977) sugirieron que los caracteres que son constantes y presumiblemente confiables a nivel de especie parecen ser el hábito herbáceo contra subfruticosa, el tipo de inflorescencia (incluyendo la densidad de los glomérulos), la forma de la hoja y longitud de los entrenudos, características del cáliz y tamaño de la semilla. Pedrol y Castroviejo (1987) indicaron que estudios de diversos autores sobre los efectos de los factores ambientales en

diferentes especies de *Suaeda*, mostraron que la altura y número de los tallos, succulencia, grosor, longitud y forma de las hojas, varían según la salinidad del medio. Lomonosova y Freitag (2003) también observaron que la forma y tamaño de las hojas, así como el tamaño de las plantas y de los entrenudos en *Suaeda tschujensis* y en otras especies anuales de *Suaeda*, son afectados considerablemente por la salinidad, suministro de agua y nutrientes. Por su parte Zhang *et al.* (2010) y Guan *et al.* (2011), indican que la altura de planta, número de ramas y follaje, en *Suaeda salsa*, varían de acuerdo a la concentración de sales del suelo.

Los caracteres que se utilizaron para el tratamiento taxonómico y nomenclatural del género *Suaeda* (Chenopodiaceae) en la flora Ibérica fueron: carácter herbáceo frente a leñoso; tallos erectos o postrados, forma de ramificación con ángulos de inserción de 30-60° o 60-90°, inflorescencia laxa o densa, forma del perianto, tamaño de la semilla, forma y longitud de los estigmas y número cromosómico (Pedrol y Castroviejo, 1987).

Los caracteres del perianto, incluyendo diámetro y ornamentaciones, de las brácteas, del número de flores por glomérulo, de la disposición de las flores y del tamaño de la semilla, fueron considerados para distinguir especies de *Suaeda* de Norteamérica (Ferren y Schenk, 2004). Con base en análisis moleculares Schütze *et al.* (2003) propusieron una clasificación infragenérica para *Suaeda*, apoyada por caracteres morfológicos, reconociendo siete secciones. De acuerdo con estos autores, en Norteamérica se distribuyen siete especies de *Suaeda*. sect. *Brezia* (Moq.) Volk. in Engl. and Prantl y seis de *Suaeda* sect. *Salsina* Moq. Por su parte, Ferren y Schenk (2004) en el tratamiento taxonómico para las especies de *Suaeda* de Norteamérica, norte de México, coinciden en el reconocimiento de *Suaeda* sect. *Brezia* pero reconocen *Suaeda* sect. *Limbogermen*, que fue incluida en *Suaeda* sect. *Salsina* por Schütze *et al.* (2003). El tratamiento

taxonómico de las especies de *Suaeda* por Ferren y Schenk (2004) significa un avance substancial para una monografía de las especies mexicanas que se debe realizar.

2.1.3 Nombres comunes y usos.

En el Valle de México, esta especie se conoce como “romerillo”, “romeritos” (Ramírez y Alcozer, 1902; Martínez, 1979; Martínez y Matuda, 1979, Calderón de Rzedowski, 1979), “romerito” o “romero” (Espinosa y Sarukhán, 1997; Calderón de Rzedowski, 2001, Hanan-Alipi *et al.*, 2009). Es una planta comestible que se utiliza especialmente en dos épocas del año bien definidas cuaresma-Semana Santa y la Navidad-fin de año. Los brotes tiernos de los tallos terminales se consumen cocidos junto con papas, camarones, nopales y mole en los tradicionales “romeritos”. Datos etnobotánicos sugieren que fue utilizada en la época prehispánica (Rzedowski y Equihua, 1987; Bye y Linares, 2000). En la época precolombina a esta especie se le conocía con el nombre de “íztac quílitl” (Rojas, 1993).

2.1.4 Importancia Económica.

El romerito es una hortaliza que se cultiva para consumo humano. El Distrito Federal es el principal productor a nivel nacional, en el año agrícola 2012 se tuvo una superficie cosechada de 685 hectáreas y una producción de 5,439 toneladas. El rendimiento promedio para ese año fue de 7.94 toneladas por hectárea. La superficie cosechada se refiere a los ciclos primavera – verano y otoño – invierno, con 46.80 y 638.50 hectáreas respectivamente. El valor de la producción fue de 20.273 millones de pesos (SAGARPA, 2012). A partir de las confusiones taxonómicas del género *Suaeda* y los diferentes nombres científicos que recibe el romerito que se cultiva en el Distrito federal, se plantean los siguientes objetivos:

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo general

Describir taxonómicamente la especie de romerito *Suaeda* spp. que se cultiva en la zona agrícola del Distrito Federal y se recolecta para su consumo.

2.2.2 Objetivos específicos

Describir la especie de romerito que se cultiva en la zona agrícola del Distrito federal, desde el punto de vista morfológico.

Comparar y separar la nueva especie de romerito de las reportadas como *Suaeda mexicana* y *S. nigra* en el Valle de México.

2.3 HIPÓTESIS

La especie de romerito que se cultiva en el Distrito Federal es una nueva especie y diferente de *Suaeda mexicana* y *Suaeda nigra*

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Revisión de material biológico en herbarios

Se realizaron consultas en los herbarios del Instituto de Biología MEXU y del Colegio de Postgraduados “Campus Montecillos” CHAPA de ejemplares herborizados del género *Suaeda*. A través de la revisión se observó que existen confusiones taxonómicas entre las especies existentes en México. En una primera etapa se revisaron todos los ejemplares de *Suaeda* tanto de México como de otros países. Posteriormente, en una segunda etapa se trabajó con ejemplares identificados como: *S. nigra*, *S. torreyana*, *S. diffusa*, *S. mexicana* y *Suaeda* spp. de México.

Algunos ejemplares que se revisaron en los herbarios MEXU y CHAPA se enlistan en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Ejemplares de *Suaeda* consultados en los herbarios del Instituto de Biología (MEXU) y del Colegio de Postgraduados (CHAPA).

Estado	Municipio	Colector	Fecha de colecta	Clave y Herbario
Guanajuato	Valle de Santiago	L. I. Aguilera G.	3/01/1989	169 (CHAPA)
Jalisco	Zacoalco	de Zamudio	y 08/08/1986	4207 (MEXU)
Jalisco	Torres Atoyac	Guevara M. Cházaro B. y R. Acevedo R.	05/12/1993	722 (CHAPA)
Michoacán	Queréndaro	J. Rojas	26/07/1986	86 (MEXU)
Michoacán	Copándaro	J. Rojas	27/07/1986	95 (MEXU)
Michoacán	Cuitzeo	S. Zamudio	30/06/1986	4085 (CHAPA)
Estado de México	Coacalco	F. Espinosa García	02/12/1977	474 (MEXU)
Estado de México	Texcoco	H. Vibrans	26/09/2000	6705 (CHAPA, MEXU)
Estado de México	Teotihuacán	E. Matuda	25/06/1950	19230 (MEXU)
Estado de México	Zumpango	E. Matuda	08/09/1950	19710 (MEXU)
Distrito Federal	Iztapalapa	E. Matuda	11/11/1951	25643 (MEXU)
Distrito Federal	Xochimilco	F. Espinosa García y J. Sarukhán	14/10/1977	333 (MEXU)
Puebla	San José Chiapa	H. Flores Olvera	3/10/2012	1668 (MEXU)

2.4.2 Colecta de germoplasma

En los años 2009 y 2010, de mayo a octubre, en sitios y lagos salinos del Distrito Federal, y los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y San Luis potosí (Cuadro 2.2), se colectó semilla de plantas de *Suaeda* en su hábitat natural, para su posterior siembra e identificación de caracteres morfológicos en campo e invernadero. En cada sitio de colecta se realizaron observaciones morfológicas de cada especie que se encontró. En los estados de México, Jalisco y San Luis Potosí, se prensaron ejemplares, mismos que se encuentran en el herbario del Instituto de Biología MEXU. En San Luis potosí se colectaron plantas vivas de *Suaeda mexicana*, mismas que se trasplantaron en el campo en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

Cuadro 2.2. Estados y sitios de colecta de romerito (*Suaeda* spp.).

Clave	Estado	Municipio y/o Delegación	Altura (m)	Latitud N	Longitud W
MIX-09-06	Distrito Federal	Tláhuac	2240	19°17'17''	98°57'48''
TOC-09-01	México	Texcoco	2231	19°30'42.1''	98°57'12.3''
BET-09-01	Guanajuato	Salvatierra	1726	20°13'43.9''	101°02'49.2''
CUI-09-01	Michoacán	Cuitzeo	1836	19°57'32.4''	101°08'16.4''
CAR-09-01	Tlaxcala	El Carmen	2348	19°16'17''	97°36'42''
ROM-09-02	Puebla	San José Chiapa	2348	19°16'15.9''	97°36'36.2''
GRE-09-01	Distrito Federal	Xochimilco	2257	19°15'19.6''	99°03'29.2''
BAR-10-01	SLP	Río Verde	1030	22°17'12''	100°02'20''
SAY-10-01	Jalisco	Sayula	1350	19°54'34.5''	103°34'26.7''
BAR-10-07	SLP	Rio verde	1030	22°17'30''	100°01'30''

2.4.3 Establecimiento del experimento

De cada una de las 10 colectas, se trasplantaron 25 plántulas, en campo, en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y la Universidad Autónoma Chapingo. Para identificar el ciclo de vida de las plantas y sus caracteres morfológicos. En los años 2010 y 2011 se empleó material fresco de cada estado con la finalidad de conocer las estructuras de la especie, así como del ciclo biológico completo. Para contrastar el carácter de ciclo anual contra perenne, se conservaron varias plantas en campo durante el invierno y se esperó hasta el siguiente ciclo para corroborar que estuvieran vivas o muertas. En el caso de las perennes, se observó que de la misma planta salieron rebrotes para el siguiente ciclo biológico. Las observaciones de campo que se realizaron ayudaron a distinguir diferencias estructurales entre los tipos depositados en los herbarios y las plantas en vivo.

Los caracteres posición de las hojas, longitud de las hojas, número de flores por glomérulo, tamaño de las espigas, simetría de la flor, número de estambres, apéndices en los segmentos del

perianto y tamaño de la semilla, se estudiaron en fresco y luego se confrontaron con el material herborizado del MEXU y CHAPA.

Para el estudio de hoja, flor y fruto, las muestras se llevaron al laboratorio de morfología de insectos (COLPOS-IFIT), se tomaron microfotografías con un microscopio estereóptico y las fotografías digitales se tomaron con una cámara Paxcam 3. Las imágenes se procesaron con el programa libre de manipulación de imágenes GIMP 2.8 (Neumann y Natterer, 2012).

En el caso de las hojas se tomaron 20 muestras del segundo tercio de la planta de cada población y se llevaron al microscopio a contra luz para tener bien definido el borde de la hoja, con las imágenes obtenidas se observó el ápice y sirvieron para realizar mediciones de largo y ancho de la hoja con el programa de Image Tool (Wilcox *et al.*, 1996).

Para la flor se realizaron disecciones de cinco plantas diferentes para observar por separado las estructuras florales (gineceo, androceo y perianto). Posteriormente se realizaron las mediciones de las estructuras con Image Tool (Wilcox *et al.*, 1996).

Las semillas de color negro y café se separaron de sus frutos y se limpiaron perfectamente para tomarles fotografía digital, luego con el Image tool se obtuvo el diámetro mayor de 30 semillas.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión de materiales herborizados, observaciones en campo en el Distrito Federal y en los estado de México, Puebla, Tlaxcala, Michoacán, Guanajuato y Jalisco; cultivo de plantas de cada uno de los sitios colectados y trabajo de laboratorio, indican que *S. edulis* es una nueva especie de ciclo de vida anual parecida a *S. calceoliformis* y *S. occidentalis*, pero en hábitat y tamaño es notablemente diferente por el número de los glomérulos 1-5, presenta flores pequeñas, con dos o tres estambres, es asimétrica y presenta tépalos nervados en estado maduro, las flores se

encuentran agrupadas en glomérulos axilares distribuidas en toda la planta o en espigas de 2 cm de largo, las semillas miden de 0.9-1.6 mm.

La especie tipo se colectó en el estado de México, en el lago de Texcoco, a una altitud de 2,250 m, comparte el hábitat con pasto salado (*Distichis spicata*). *Suaeda edulis* es una hierba anual, suculenta, rojiza de hasta 1.15 m, este ejemplar se colectó el 31 de agosto de 2010.

De manera detallada *S. edulis* (Figura 2.1) es una hierba estrictamente anual de 15-110 cm de alto, erecta a decumbente, plantas vivas de color verde, glauco o rojizo, tornándose pardas con la edad; sin pubescencia. Tallos poco ramificados de 1 a 7 ramas en la base o a lo largo, más cortos o igualando al tallo principal; estriados con líneas de color verde, pardo o rojizo. Hojas alternas, suculentas, lineares o angostamente lanceoladas, las que sostienen ramas floríferas de 10.0-35.0 x 0.5-2.0 mm; margen membranáceo, blanquecino; ápice acuminado. Inflorescencias en glomérulos axilares de 1-5 flores, a todo lo largo de las ramas o dispuestas en espigas de 1.0-3.0 cm de largo, algunas veces dando una apariencia paniculiforme por el acortamiento hacia la parte terminal de las ramas laterales; brácteas similares a las hojas superiores pero gradualmente más cortas, comúnmente, las que sostienen glomérulos angostamente lanceoladas, de 2.0-10.0 x 1.0-1.5 mm, margen membranáceo, base envolvente. Bractéolas hialinas (persistentes en flores y frutos maduros) de 0.75-1.75 x 1.0-2.5 mm, ovadas o triangulares, irregularmente, dentadas con ápice acuminado o agudo. Flores hermafroditas, zigomorfas, de 0.5-0.7 mm en anthesis y de 0.8-2.8 mm en etapa madura. Piezas del perianto fusionadas hasta la mitad, verde-glauco, cóncavas, 1 a 3 con capuchas distales y alas proximales transversales. Estambres 2-3, 0.27-0.44 mm, anteras exsertas. Ovario depresso-ovoide; estigmas 2, surgiendo del ápice del ovario. Semillas dimórficas, horizontales, negras o café claro, lenticulares, de 0.9-2.0 mm. $2n= 54$ (Noguez *et al.* datos no publicados).

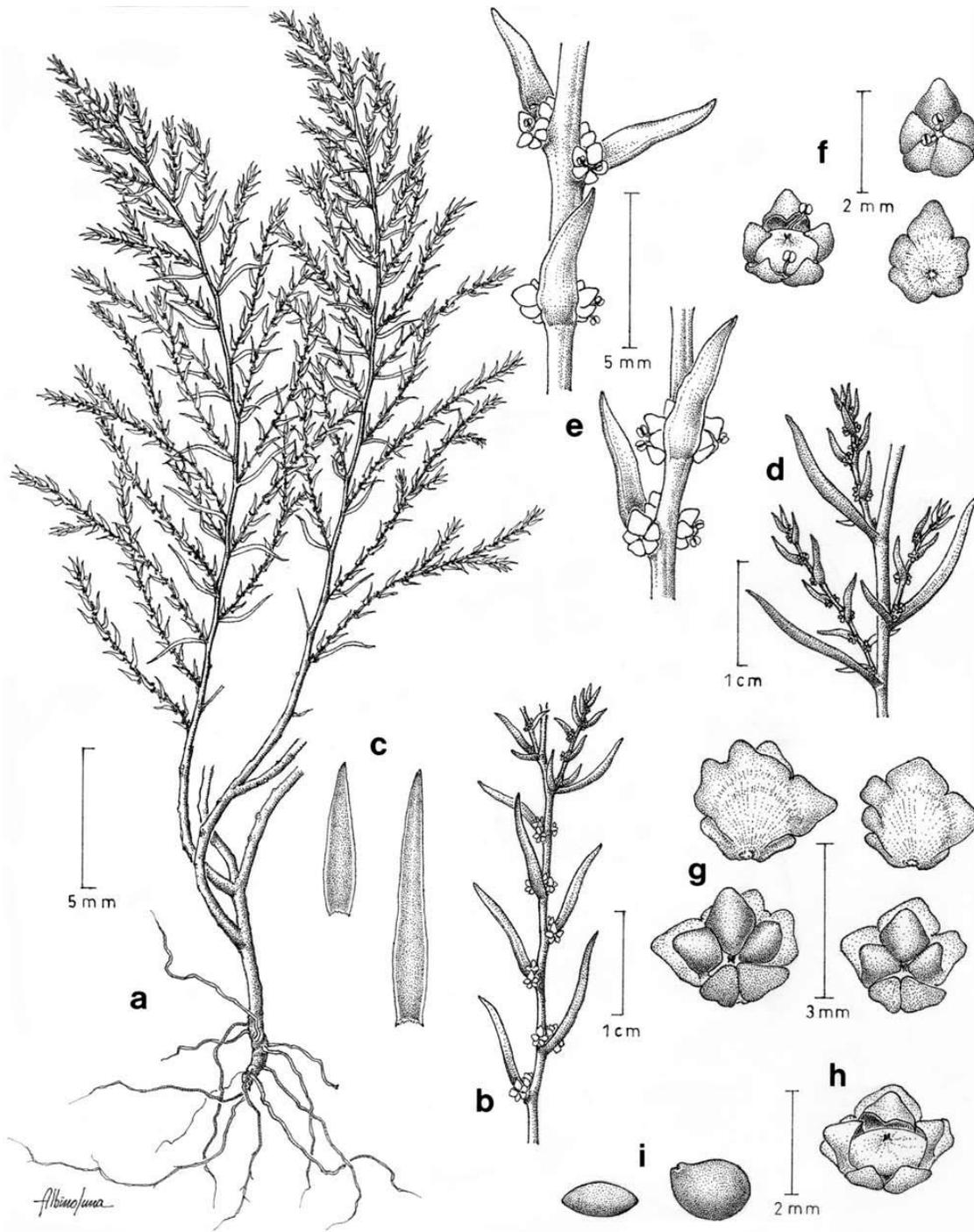


Figura 2.1. *Suaeda edulis*, a. Aspecto de la planta en floración; b. Rama fértil; c. Brácteas foliares que sostienen a los glomérulos; d. Ramas con hojas que sostienen espigas; e. Ramas con flores en anthesis; f-h. Flores en distintas vistas y etapas de desarrollo; i. Semillas.

Observaciones de campo en los sitios de colecta (Tlaxcala, Michoacán y Jalisco) permiten indicar que *S. edulis* es una planta forrajera consumida por ganado bovino, caprino y ovino. También sirve de alimento para roedores que habitan en el ex lago de Texcoco (Matamoros-Trejo y Cervantes, 1992)

Suaeda edulis se distribuye en planicies salinas y en lagos salinos de los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México, Distrito Federal, Tlaxcala y Puebla. Crece en suelos inundados y húmedos en pastizales halófilos con *Distichlis spicata* a un intervalo altitudinal de 1,347 a 2,351 m. Se desarrolla perfectamente bajo cultivo en San Andrés Mixquic, San Pedro Tláhuac, San Gregorio Atlapulco y Santiago Tulyehualco, Distrito Federal. También se siembra en los Reyes de Juárez, Puebla. Florece y fructifica de mayo a octubre.

Las características que distinguen a *S. edulis* de las especies con las que se ha confundido y de las especies con las que comparte caracteres se resumen en el Cuadro 2.3 con base en Ferren y Schenk (2004), Schütze *et al.* (2003) y observaciones personales.

Las poblaciones de *Suaeda* del Valle de México fueron identificadas como: *S. diffusa* (Reiche, 1977; Sánchez, 1978; Martínez, 1979, b), *S. mexicana* (Martínez, 1979; Calderón de Rzedowski, 2001) o *S. torreyana* (Ramírez y Alcozer, 1902; Rzedowski, 1978; Martínez, 1979; Calderón de Rzedowski, 1979; Espinosa y Sarukhán, 1997; Hanan-Alipi *et al.*, 2009). De estos nombres, *S. diffusa* y *S. torreyana*, han sido reducidos a sinónimos de *S. nigra* (Ferren y Schenk, 2004), mientras que *S. mexicana* es reconocida para México, en San Luis Potosí y Coahuila. *Suaeda nigra* corresponde a diferente sección del género por diferir en tipo de anatomía de la hoja, hábito de crecimiento, simetría de la flor, caracteres de las piezas periánticas y del estigma (Ferren y Schenk, 2004; Schütze *et al.*, 2003).

Cuadro 2.3. Caracteres que distinguen a *Suaeda edulis* de las especies similares y de las que se ha confundido.

Caracteres	<i>S. edulis</i>	<i>S. calceoliformis</i>	<i>S. occidentalis</i>	<i>S. mexicana</i>	<i>S. nigra</i>
Duración	Añual	Añual	Añual	Perenne	Perenne o facultativa anual
Hábito	Erecta o decumbente	Prostrada o erecta	Erecta o decumbente	Decumbente	Decumbente a erecta
Altura de la planta (cm)	15-110	5-100	5-35	30-150	20-150
Posición de las hojas	Alternas	Alternas	Alternas	Opuestas hacia la base	Alternas
Largo de las hojas (mm)	10-35	(5-)10-40	5-30	12-45	(5-)10-30
Número de flores por glomérulo	1-5	3-5(-7)	1-3	1-5	1-12
Tamaño de las espigas (cm)	1-2	1-6	1-6	2-10.5	1-4.5
Tipo de inflorescencia	Glomérulos axilares en toda la planta a veces arreglados en espigas terminales o axilares	Glomérulos axilares arreglados en espigas terminales o axilares	Glomérulos axilares arreglados en espigas terminales o axilares	Glomérulos axilares arreglados en espigas terminales o axilares	Glomérulos axilares arreglados en espigas terminales o axilares
Simetría de la flor	Zigomorfa	Zigomorfa	Zigomorfa	Zigomorfa	Actinomorfa
Número de estambres	2-3	2 (-5)	2 (-5)	5	5
Apéndices en los segmentos del perianto	Alados transversalmente, con capuchas distales	Alados transversalmente, con capuchas distales	Alados transversalmente, con capuchas distales	Alados longitudinal y transversalmente, con capuchas distales	Ausentes
Tamaño de la semilla (mm)	0.9-1.6	0.8-1.7	1-1.5	0.7-1.1	0.5-2
Número cromosómico	2n= 54	2n= 36	?	?	2n=18

Suaeda nigra (= *S. diffusa*, *S. moquinii* y *S. torreyana*) (Hanan-Alipi *et al.*, 2009) pertenece a la Sección *Salsina* (= *limbogermen*) que se caracteriza por tener anatomía C₄ tipo *Salsina*, los segmentos del perianto sin apéndices, los estigmas insertos en una depresión del ápice del ovario (Schütze *et al.*, 2003) y por el perianto actinomorfo. Esta especie se distingue por la bráctea que sostiene a los glomérulos, que es más corta que las hojas proximales y por las inflorescencias en ramas distales más delgadas que las ramas vegetativas. Es considerada como arbustiva, subarbustiva o anual facultativa, tiene una gran plasticidad fenotípica y está ampliamente distribuida en el Este de los Estados Unidos de América y en México, lo que ha propiciado numerosas sinonimias (Hopkins y Blackwell, 1977; Ferren y Schenk 2004; Schütze *et al.*, 2003). Las poblaciones de *Suaeda edulis* de Guanajuato, Jalisco, México, Distrito Federal, Michoacán y Puebla se ubican, al igual que *S. mexicana*, en *S. sect. Brezia* por tener anatomía C₃ tipo *Brezia*, los estigmas insertos sobre el ápice del ovario atenuado (Fisher *et al.*, 1997; Schenk y Ferren 2001; Schütze *et al.*, 2003), el perianto zigomórfico, los tépalos redondeados abaxialmente, encapuchados distalmente, con alas abaxiales (Ferren y Schenk, 2004).

Si bien *Suaeda mexicana* fue descrita como anual (Standley, 1916), tanto el holotipo depositado en el U. S. National Herbarium (US), como los isotipos en el Herbario Nacional de México (MEXU) y en Missouri Botanical Garden (MO), carecen de la base del tallo y de la raíz y solamente tienen la parte terminal de la planta. En el ejemplar de MEXU los tallos son de consistencia leñosa. Las observaciones de campo, tanto en la localidad tipo de *S. mexicana* en terrenos de la ex-Hacienda Angostura en Rio Verde, San Luis Potosí, así como de poblaciones bajo cultivo en el Colegio de Posgraduados, permiten determinar sin duda alguna que las plantas de *S. mexicana* son perennes como otras especies de *Suaeda sect. Brezia*, tales como *S. esteroa* y *S. linearis*, de las que difiere por tener segmentos del perianto con ornamentaciones. Reed (1979)

y Hopkins y Blackwell (1977) consideraron a *S. mexicana* como una gipsófila halofítica distribuida del oeste de Texas a San Luis Potosí; Las colectas recientes de esta especie provienen de suelos salino-yesosos de San Luis Potosí.

Consecuentemente, las plantas anuales de *Suaeda edulis* de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México, Distrito Federal, Tlaxcala y Puebla, no pueden ser identificadas como *S. mexicana* o como *S. nigra*. Estas plantas comparten características con *S. calceoliformis* y *S. occidentalis*, pero difieren por caracteres que son considerados para reconocer una especie nueva de *Suaeda*. Las características que distinguen a *S. edulis* de las especies con las que se ha confundido y de las especies con las que comparte algunos caracteres se resumieron en el Cuadro 2.3 con base en Ferren y Schenk (2004) y observaciones de campo. La presencia de *S. calceoliformis* en México fue reportada por primera vez por Ferren y Schenk (2004) sin precisar localidades, mientras que *S. occidentalis* no ha sido registrada para el país.

2.6 CONCLUSIONES

La especie de romerito que se cultiva en el Distrito Federal y en los Reyes de Juárez, Puebla es de ciclo de vida anual.

La especie que se consume en el Valle de México, conocida como romerito, es una nueva especie anual llamada *Suaeda edulis*.

La especie *Suaeda mexicana* es de ciclo de vida perenne, no se cultiva ni se consume en el Valle de México.

2.7 LITERATURA CITADA

- Bye R. y E. Linares. 2000. Los quelites, plantas comestibles de México: una reflexión sobre intercambio cultural. CONABIO. Biodiversitas 31:11-14.
- Calderón de Rzedowski G. 1979. Chenopodiaceae. *In*: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. 1. CECSA, México, D.F.
- Calderón de Rzedowski G. 2001. Chenopodiaceae. *In*: Calderón de Rzedowski G. y Rzedowski J. (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Espinosa F. y J. Sarukhán. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, Descripciones e Ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Ferren W., R. and H. Schenk J. 2004. *Suaeda*. *In*: Flora of North America Editorial Committee (ed.). Flora of North America North of Mexico. Oxford University Press, New York. Vol. 4, pp- 390-398
- Fisher D., H. Schenk J., J. Thorson A. and W. Ferren R. Jr. 1997. Leaf anatomy and subgeneric affiliations of C₃ and C₄ species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Am. J. Bot.* 84:1198–1210.
- Guan B., J. Yu, X. Chen, W. Xie and Z. Lu. 2011 Effects of salt stress and nitrogen application on growth and ion accumulation of *Suaeda salsa* plants. *Intl Conf Remote Sens Environ Transport Engin*, 24–26 June 2011. pp. 8268–8272
- Hanan A., A. J. Mondragón P. y H. Vibrans. 2009. Malezas de México, *Suaeda torreyana* S. Watson. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/chenopodiaceae/suaeda-torreyana/fichas/ficha.htm>, (fecha de consulta 12 de julio de 2012).
- Hopkins C., O. and W. Blackwell H. 1977. Synopsis of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Sida* 7:147-173.
- Lomonosova M. and H. Freitag. 2003. A new species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) from the Altai, Central Asia. *Willdenowia* 33:139-147.
- Martínez M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Martínez M. y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México, México, D.F.

- Matamoros T., J. Gilberto y F. Cervantes A. 1992 "Alimentos de los roedores *Microtus mexicanus*, *Reithrodontomys megalotis* y *Peromyscus maniculatus* del ex-lago de Texcoco, México", en Anales del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, 63(1), 135-144.
- Neumann S. and M. Natterer. 2012. Image Manipulation Program (GNU). <http://www.gimp.org/> (fecha de consulta 10 de Julio 2013).
- Pedrol J. y S. Castroviejo. 1987. A propósito del tratamiento taxonómico y nomenclatural del género *Suaeda* Forsskal ex Scop. (Chenopodiaceae) en "Flora Iberica". Anales Jardín Botánico de Madrid 45:93-102.
- Ramírez J. y G. Alcozer. 1902. Sinonimia vulgar y científica de las plantas mexicanas. Secretaria de Fomento. México, D.F.
- Reed C., F. 1979. Chenopodiaceae. In: Correll D.S. and Johnston M.C. Manual of the Vascular Plants of Texas, pp. 527-551. The University of Texas, Austin.
- Reiche C. 1977. Flora Excursoria en el Valle Central de México. Manuel Porrúa, S.A., Librería. México, D.F.
- Rojas R., T. 1993. "La agricultura chinampera. Compilación histórica". 2da ed. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski J. y M. Equihua. 1987. Atlas Cultural de México Flora. Secretaria de Educación Pública, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Grupo Editorial Planeta. México, D.F.
- Sánchez S., O. 1978. La Flora del Valle de México. Editorial Herrero, México, D.F.
- Schenk H., I. and W. Ferren R. 2001. On the sectional nomenclature of *Suaeda* (Chenopodiaceae). Taxon 50: 857-873.
- Schütze P., H. Freitag and K. Weising. 2003. An integrated molecular and morphological study of the subfamily Suaedoideae Ulbr. (Chenopodiaceae). Plant Syst. Evol. 239: 257-286.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 12 de agosto de 2013).
- Standley P., C. 1916. Chenopodiaceae. In: N.L. Britton N.L., Merrill W.A. y Barnhart J.H. Eds. North American Flora 21 part 1, pp. 3-93, The New York Botanical Garden, New York.

- Wilcox C., S. Dove, W. McDavid and D. Greer. 1996. Image Tool, Version 1.0. Department of Dental Diagnostics at the University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas.
- Zhang H., G. Wang X., K. Zheng F. and W. Zhang P. 2010. Mass–density relationship changes along salinity gradient in *Suaeda salsa* L. *Acta Physiol Plant* 32:1031–1037
- Zhu G., S. Mosyankin L. and S. Clemants E. 2003. Chenopodiaceae. In: Wu Z., Y. and P. Raven H. (eds) *Flora of China*, vol 5. Science Press, Beijing, pp 354–414

CAPÍTULO III

3.1 DISCUSIÓN GENERAL

El romerito (*Suaeda* spp) es un recurso fitogenético valioso para México con gran potencial de uso. Se cultiva en la zona agrícola del Distrito Federal en una superficie aproximada de 685 ha (Lépiz, 2006; SAGARPA, 2012). Al igual que otras especies nativas de México, no se cuenta con accesiones bajo resguardo en los bancos nacionales e internacionales de germoplasma, tampoco está protegida, ni se cuenta con variedades registradas en el catálogo nacional de variedades vegetales (CNVV) (SNICS –SAGARPA, 2012).

En México las pruebas de distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE), son un requisito que se debe cumplir para obtener la protección y registro de una variedad nueva. Los caracteres morfológicos son la base para el examen DHE, con el cual debe probarse que una variedad es: a) distinta, al considerar que sea claramente diferente de toda la colección de variedades de referencia; b) uniforme, si las plantas fuera de tipo no excede el mínimo permitido y si los caracteres se mantienen a través de los diversos ambientes y del tiempo; y c) estable, siempre y cuando se mantengan todos los caracteres a través de su reproducción (Ramírez, 2010).

En esta investigación se presentan las bases necesarias para caracterizar las variedades de romerito de uso común o las que se generen a partir de los trabajos de mejoramiento, y de esta manera se puedan proteger y registrar en el CNVV. De igual manera, se realizó una descripción taxonómica de la nueva especie de romerito (*Suaeda edulis*) que se cultiva en el Distrito Federal y se recolecta para su consumo en la región centro – occidente del país.

La semilla de romerito cultivada se colectó en San Andrés Mixquic, San Gregorio Atlapulco, San Pedro Tláhuac y Santiago Tulyehualco, Distrito Federal, así como en los Reyes de Juárez, Puebla. Los campesinos de Mixquic son los principales productores de esta hortaliza en México

y en el mundo (SAGARPA, 2012). De acuerdo con García (2009), a estos campesinos también se les puede considerar como los principales custodios de este recurso fitogenético, ya que por generaciones se dedican a rescatar, conocer, conservar, propagar, y compartir semillas nativas y criollas a través de prácticas agroecológicas.

La semilla silvestre se colectó en suelos salinos, alcalinos, yesosos y mal drenados en las partes bajas de cuencas cerradas, en la orilla de lagos salinos. En un rango altitudinal de 1,029 a 1,355 m, en los estados de México, Tlaxcala, Puebla, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y San Luis Potosí. La vegetación natural presente en estos sitios fue halófila y gipsófila (Rzedowski, 1978; Calderón de Rzedowski, 2001, Ferrandis *et al.*, 2005).

La caracterización agromorfológica y el análisis multivariado de los caracteres cualitativos pseudocualitativos y cuantitativos, permitió diferenciar tres grupos de colectas de romerito.

Grupo 1.

Grupo 1.1. Colectas pertenecientes a la región centro del país: del Distrito Federal, estado de México, Tlaxcala y Puebla. Se agrupan principalmente por ser de ciclo de vida anual; son de crecimiento semi erecto y erecto; no son postradas en la etapa vegetativa y tienen altura intermedia. Presentan de dos a tres estambres visibles; tienen el pistilo corto. Fueron las más precoces a la floración y fructificación; la simetría de la flor es zigomorfa; presentaron semillas de color café y negro.

Grupo 1.2. Colectas de ciclo de vida perenne pertenecientes a los estados de México, Puebla y Tlaxcala. Fueron de crecimiento postrado en la etapa vegetativa y reproductiva. Presentaron cinco estambres visibles, de menor altura y de pistilo largo.

Grupo 2. Colectas pertenecientes a la región norte del país. Grupo conformado por plantas provenientes de San Luis Potosí, de ciclo de vida perennes. Fueron las de mayor altura; tienen

cinco estambres visibles, pistilo largo; son las de menor diámetro de semilla y no presentan dimorfismo en el color de la semilla.

Grupo 3. Colectas pertenecientes a la región occidente del país: Michoacán, Guanajuato y Jalisco. Son de ciclo de vida anual, de menor altura y color verde claro. Son de crecimiento postrado en la etapa vegetativa y decumbente a partir de la floración. En términos generales se comportaron como las más tardías a la floración, fructificación y madurez de semilla, especialmente las provenientes del estado de Jalisco. Tienen de dos a tres estambres visibles y presentaron semillas de color café y negro.

Para caracterizar las poblaciones de romerito se utilizaron 25 caracteres agromorfológicos, los cuales se están utilizando para la elaboración del manual gráfico y la guía técnica para la descripción de variedades de romerito.

En este trabajo se caracterizaron agromorfológicamente cuatro especies de *Suaeda*: 1. *Suaeda edulis*, 2. *Suaeda mexicana*, 3. *Suaeda nigra* y 4. *Suaeda pulvinata*, esta última nueva y en proceso de descripción taxonómica (Olvera, datos en proceso de publicación). De estas, tres son endémicas de México.

La descripción taxonómica del género *Suaeda* es complicada. Ello se puede constatar con los diferentes nombres científicos que se le asignaron al romerito Sánchez (1978), *Suaeda diffusa*; Rzedoskwi (1978) *Suaeda nigra*; Espinosa y Sarukhán (1997), *Suaeda torreyana* Calderón de Rzedoskwi (2001), *Suaeda mexicana*. Sin embargo, a partir de la revisión de material herborizado y fresco, colecta de semilla procedente de plantas cultivadas y silvestres, cultivo de plantas en dos ambientes y observaciones de campo. Se determinó que el romerito que se cultiva en el Distrito Federal, para su consumo principalmente en el Valle de México que crece de

manera natural en sitios salinos de los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, pertenece a la nueva especie descrita como *Suaeda edulis*.

En Rio Verde San Luis Potosí en suelos yesosos crecen de manera simpátrica dos especies de *Suaeda mexicana* y *Suaeda nigra* = *S. nigresses* (Standley, 1916; Hopkins y Blackwell 1977; Rzedoswki, 1978).

La especie de romerito (*Suaeda mexicana*) que se distribuye en San Luis Potosí y Coahuila, es de ciclo de vida perenne, no se cultiva, comercializa ni se consume en las celebraciones de semana santa y navidad. Lo anterior difiere con lo reportado por Standley (1916) quien indicó que *S. mexicana* es de ciclo de vida anual.

En la laguna Totolcingo que se localiza en los límites de los estados de Puebla y Tlaxcala a una altitud de 2,350 m., se recolectan para su consumo en los tradicionales “romeritos”, las especies *Suaeda edulis* en la primavera y *Suaeda pulvinata*, de ciclo de vida perenne, cinco estambres, crecimiento postrado y simetría zigomorfa para su consumo en las celebraciones de la Navidad y fin de año.

3.2 CONCLUSIONES GENERALES

La caracterización agromorfológica del romerito se realizó a partir de 70 colectas de semilla que se realizaron en zonas de cultivo y en sitios de crecimiento natural.

El romerito que se cultiva para su consumo en Distrito Federal y en los Reyes de Juárez, Puebla es de ciclo de vida anual.

El romerito que se recolecta para su consumo en sitios salinos de los estados de México y Jalisco es de ciclo de vida anual.

En los límites de los estados de Puebla y Tlaxcala (Laguna de Totolcingo) se recolectan romeritos de ciclo anual para su consumo, (en primavera preferentemente) y perenne (en navidad).

Todas las plantas de romerito de ciclo anual presentaron de dos a tres estambres visibles.

Todas las plantas de romerito de ciclo perenne presentaron cinco estambres visibles.

La caracterización agromorfológica permitió clasificar los romeritos colectados en tres grandes grupos: 1) Centro. 1.1. Ciclo anual. Distrito Federal, México, Tlaxcala, Puebla). 1.2 Ciclo perenne. Estado de México, Puebla y Tlaxcala; 2) Occidente (Guanajuato, Michoacán y Jalisco; 3) Norte (San Luis Potosí)

El romerito de ciclo anual que se cultiva en el Distrito Federal y crece de manera natural en los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, pertenece a la nueva especie *Suaeda edulis*.

3.3. RECOMENDACIONES GENERALES

Se recomienda continuar con los trabajos de colecta, descripción taxonómica y caracterización a nivel agromorfológico, fitoquímico, anatómico y molecular.

Se debe realizar la monografía de las especies de *Suaeda* para México.

Se debe elaborar el manual gráfico de variedades de romerito (*Suaeda* spp.) que sirva de base para la guía técnica de caracterización.

A partir de la información generada en este trabajo de caracterización, se deben proteger y registrar las variedades nativas de romerito que se cultivan en el Distrito Federal.

3.4 LITERATURA CITADA

- Calderón de Rzedowski G. 2001. Chenopodiaceae. *In*: Calderón de Rzedowski G. y Rzedowski J. (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- Espinosa F. y J. Sarukhán. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, Descripciones e Ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- García, A., M. 2009. Diálogo de saberes: Herramienta de capital social en las escuelas campesinas de agroecología *In*: López, C. y U. Hernández, (eds.) Diálogos entre saberes, ciencias e ideologías en torno a lo ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. pp. 105 – 120.
- Ferrandis P., J. Herranz M. y M. Copete A. 2005. Caracterización florística y edáfica de las estepas yesosas de Castilla-La Mancha. *Invest Agrar: Sist Recur For.* 14(2): 195-216.
- Hopkins C., O. and W. Blackwell H. 1977. Synopsis of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America. *Sida* 7:147-173.
- Lépez I., R., y E. Rodríguez G. 2006 Los recursos fitogenéticos de México. *In*: Molina M., J. C y L. Córdova T. (eds.). Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.
- Ramírez Ma. E., A. Carballo C., A. Santacruz V., V. Conde M., E. Espitia R. y F. González C. 2010. Distinción, homogeneidad y estabilidad mediante caracterización morfológica en variedades de amaranto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 1(3): 335-349.
- Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Sánchez S., O. 1978. La Flora del Valle de México. Editorial Herrero, México, D.F.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 12 de agosto de 2013).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2012. Catálogo nacional de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F.
- Standley P., C. 1916. Chenopodiaceae. *In*: Britton N., L., W. Murrill A. y J. Barnhart H. (eds). North American Flora 21 part 1, pp. 3-93, The New York Botanical Garden, New York.