

Programa de Doctorado

Recursos y Tecnologías Agrícolas

TESIS DOCTORAL

**Estudio de la vegetación costera de los Emiratos
Árabes Unidos (EAU) (Golfo Árabe). Análisis
del estado actual**

Autor:

Paloma Leandro-Baladrón

Codirigida por:

Herminio Boira-Tortajada

Aaron Barthlomew

Enero, 2021

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Herminio Boira Tortajada, Codirector y Tutor Académico, la oportunidad de permitirme llevar a cabo esta Tesis, por su dedicación y seguimiento, la motivación que me ha transmitido y el aprendizaje que he recibido para leer un lenguaje nuevo, el que nos proporciona la naturaleza a través de la observación de sus sabios comportamientos.

Al Dr. Aaron Bartholomew, Codirector de la Tesis, por su apertura y recepción en Emiratos Árabes Unidos para realizar esta Tesis de carácter Internacional, por sus consejos y su acompañamiento en un país desértico.

A la colaboradora Dra. Sandra Knuteson, por su dedicación en temas de laboratorio, compartir sus experiencias, ser una magnífica compañera de equipo siempre con buen sentido del humor, atenta y hacer que mi estancia en la Universidad Americana haya sido una experiencia inolvidable.

Resumen

A través de la fitosociología se han estudiado las agrupaciones de plantas, sus interrelaciones y su dependencia con el medio ambiente en la costa del golfo Árabe en los Emiratos Árabes Unidos (EAU). La vegetación de los Emiratos se caracteriza por la presencia del manglar paleotropical propio de las zonas intertidales en clima subtropical, acompañado por halofitas de desierto. Se han identificado 9 grupos de vegetación: (I) Asoc. *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970, (II) Asoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, (III) Asoc. *Arthrocnemo macrostachi- Halocnemum strobiliaci* *Associatio nova*, (IV) Asoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958, (V) Asoc. *Tetraenetum qatarensis* *Associatio nova*, (VI) Com. *Calotropis procera* (VII) Com. *Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha*, (VIII) Com. *Prosopis cineraria* en orden de acuerdo al transecto que va desde la primera línea de costa al interior, y las comunidades nuevas como consecuencia de alteraciones en el entorno: (IXa) Com. de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum* y la (IXb) Com. de *Avicennia* con *Salicornia fruticosa*. Se ha utilizado el programa TWINSpan para la confirmación de las mismas. Mediante los análisis de ACC se observa que las comunidades de *Avicennia marina* se correlacionan positivamente con la conductividad / salinidad del suelo, la alcalinidad o el pH y con las concentraciones de cationes. Se ha observado que las alteraciones antrópicas de la costa causan diferencias en la distribución normal de las poblaciones y este estudio propone medidas de restauración para garantizar la adaptación y la viabilidad de un proyecto futuro de revegetación costera a través del conocimiento geobotánico adquirido.

Abstract

Through phytosociology, plant clusters, their interrelations and their dependence on the environment on the Arabian Gulf coast in the United Arab Emirates (UAE) have been studied. The vegetation of the Emirates is characterized by the presence of paleotropical mangroves typical of intertidal areas in subtropical climate, accompanied by desert halophytes. Nine vegetation groups have been identified: (I) Assoc. *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970., (II) Assoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, (III) Assoc. *Arthrocnemo macrostachi- Halocnemum strobiliaci* assoc. nova, (IV) Assoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958, (V) Assoc. *Tetraenetum qatarensis* assoc. nova, (VI) Com. *Calotropis procera* (VII) Com. *Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha*, (VIII) Com. *Prosopis cineraria*, in order according to the transect that goes from the first coastline to the interior, and the new communities originated by anthropic factors are: (IXa) Com. *Avicennia marina* with *Sesuvium portulacastrum* and (IXb) Com. of *Avicennia marina* with *Salicornia fruticosa*. The TWINSPAN program has been used to confirm them. Through the CCA analysis, the communities of *Avicennia marina* can be positively correlated with the conductivity / salinity of the soil, the alkalinity or the pH and with the concentrations of cations. It has been seen that the anthropic alterations of the coast cause differences in the normal distribution of the populations and this study proposes restoration measures for the adaptation and viability of the future coastal revegetation project through the acquired geobotanical knowledge.

Resum

A través de la fitosociologia s'ha estudiat les agrupacions de plantes, les seues interrelacions i la seua dependència amb el medi ambient en la costa del golf Arabe als Emirats Arabs Units (EAU). La vegetació dels Emirats es caracteritza per la presència del manglar paleotropical propi de les zones intertidals en clima subtropical, acompanyat per halòfites de desert. S'han identificat 9 grups de vegetació: (I) Assoc. *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970, (II) Assoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, (III) Assoc. *Arthrocnemo macrostachi- Halocnemum strobiliaci* Associatio nova, (IV) Assoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958. (V) Assoc. *Tetraenetum qatariensis* Associatio nova, (VI) Com. *Calotropis procera* (VII) Com. *Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha* (VIII) Com. *Prosopis cineraria* en ordre d'acord al transecte que va desde la primera línia de costa a l'interior, i les comunitats noves com a conseqüència d'alteracions a l'entorn: (IXa) Com. *Avicennia marina* i *Sesuvium portulacastrum* i la (IXb) Com. *Avicennia marina* i *Salicornia fruticosa*. S'ha utilitzat el programa TWINSPAN per a la confirmació d'aquestes.

Mitjançant els anàlisis de ACC s'observa que les comunitats de *Avicennia marina* es correlacionen positivament amb la conductivitat / salinitat del sòl, l'alcalinitat o el pH i amb les concentracions de cations.

S'ha observat que les alteracions antròpiques de la costa causen diferències en la distribució normal de les poblacions i aquest estudi proposa mesures de restauració per a garantir l'adaptació i la viabilitat d'un projecte futur de revegetació costanera a través del coneixement geobotànic adquirit.

Índice

| | |
|---|-------------|
| Lista de Tablas..... | xiii |
| Lista de Figuras..... | xv |
| Listado de Abreviaturas, Siglas y Acronimos..... | xvii |
| 1.Introducción..... | 19 |
| 1.1.El paisaje vegetal litoral de los Emiratos Árabes Unidos..... | 21 |
| 1.2.Objetivos..... | 27 |
| 2.Material y métodos..... | 29 |
| 2.1.Área de estudio..... | 31 |
| 2.2.Análisis florístico..... | 32 |
| 2.3.Análisis fitosociológico..... | 32 |
| 2.4.Estudio del medio físico..... | 33 |
| 2.4.1. Determinaciones de los factores bioclimáticos..... | 33 |
| 2.4.2. Análisis de suelos..... | 33 |
| 2.4.3. Análisis de aguas..... | 34 |
| 2.5.Tratamiento estadístico de datos..... | 35 |
| 2.5.1. Análisis Canónico de Componentes (ACC)..... | 36 |
| 3.Resultados..... | 37 |
| 3.1. Características bioclimáticas..... | 39 |
| 3.2.Fitosociología. Esquema sintaxonómico..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1. Comunidades vegetales. Sistema sintaxonómico..... | 42 |
| 3.3. Ecología de las comunidades..... | 73 |
| 4. Conclusiones..... | 83 |
| 5. Bibliografía..... | 87 |
| 6. Anexos..... | 99 |
| 6.1. Figuras. El paisaje costero de UAE..... | 101 |
| 6.2. Inventarios florístico..... | 105 |
| 6.3. Catálogo florístico..... | 113 |

Listado de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1.- Asoc. <i>Avicennietum marinae</i> Chapman, J. 1970. (Cl. <i>Rhizophoro-Avicennietea germinantis</i> Borhidi & Del Risco; Ord. <i>Avicennietalia</i> Cuatrecasas 1958; Al. <i>Avicennion orientalis</i> Chapman J. 1970..... | 44 |
| Tabla 2.- Asoc. <i>Salicornietum fruticosi</i> Br. Bl. 1928..... | 48 |
| Tabla 3.- Asoc. <i>Arthrocnemum macrostachi- Halocnemum strobiliacei</i> <i>Associatio nova</i> | 50 |
| Tabla 4.- Asoc. <i>Suaedetum verae (fruticosae)</i> Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958..... | 53 |
| Tabla 5.- Asoc. <i>Tetraenetum qatarensis. Associatio nova</i> | 56 |
| Tabla 6.- Comunidad de <i>Calotropis procera</i> | 58 |
| Tabla 7.- Comunidad <i>Heliotropium bacciferum</i> & <i>Cornulaca monacantha</i> | 61 |
| Tabla 8.- Com. <i>Prosopis cinerariae</i> | 63 |
| Tabla 9.- Comunidad de <i>Sesuvium portulacastrum</i> con <i>Avicennia marina</i> | 66 |
| Tabla 10.- Comunidad de <i>Salicornia fruticosa</i> con <i>Avicennia marina</i> | 69 |
| Tabla 11.- Características físico-químicas de los suelos y valores diferenciales entre las asociaciones y comunidades (*). ANOVA. (Parte 1: salinidad ppt , pH, MO= Materia orgánica %, % de Arena, % de Arcilla-Limo)..... | 74 |
| Tabla 12.- Características físicoquímicas de los suelos y valores diferenciales entre las asociaciones y comunidades (*). ANOVA. (Parte 2: Alkal= Alcalinidad, Concentraciones de Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio, Cloro y contenido en agua)..... | 75 |
| Tabla 13.- Características hídricas del agua del manglar (Salinidad, pH, % Materia organica, Total de solidos disueltos)..... | 76 |
| Tabla 14.- Características hídricas del agua del manglar (Parte 2: concentraciones de sodio, potasio, magensio y calcio)..... | 76 |

Listado de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.- Localización del área de estudio..... | 31 |
| Figura 2.- Climograma del area de Dubai, EAU..... | 40 |
| Figura 3.- Mapa con las localizaciones de los muestreos..... | 41 |
| Figura 4.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 1: <i>Avicennietum marinae</i> Chapman, J. 1970 | 45 |
| Figura 5.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 2: <i>Salicornietum fruticosi</i> Br. Bl. 1928..... | 49 |
| Figura 6.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 3: <i>Arthrocnemum machostachi- Halocnemetum strobiliaci</i> <i>Associatio nova</i> | 51 |
| Figura 7.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 4: <i>Suaedetum verae (fruticosae)</i> Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958..... | 54 |
| Figura 8.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 5: <i>Tetraenetum qatarensis</i> <i>Associatio nova</i> | 57 |
| Figura 9.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 6: <i>Calotropis procera (Aiton) W.T. Aiton</i> | 59 |
| Figura 10.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 7: <i>Heliotropium bacciferum</i> | 62 |
| Figura 11.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 8: <i>Prosopis cinerariae</i> | 63 |
| Figura 12.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 9.1: Comunidad antrópica o de ecotono <i>Avicenio</i> <i>Sesuvium- portulacastris</i> nova. | 67 |
| Figura 13.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 9.2: <i>Avicenio- Salicornietum fruticosi</i> nova..... | 70 |

Figura 14.- Distribución relativa de las asociaciones en la costa de UAE

(1) *Asoc. Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970., (2) *Asoc. Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, (3) *Asoc. Arthrocnemum machostachi- Halocnemum strobiliaci* *Associatio nova*. (4) *Asoc. Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958. (5) *Asoc. Tetraena qatariensis* *Associatio nova* (6) *Com. Calotropis procera* (7) *Com. Heliotropium bacciferum* (8) *Com. Prosopis cineraria*. (9a) *Com. Avicennio marinae-Sesuvietum portulacastris* y (9b) *Com. Avicennium-Salicornietum fruticosi*..... 71

Figura 15. Relación entre el manglar y la vegetación halofita con las principales variables edáficas de acuerdo con el CCA..... 78

Listado de abreviaturas, siglas y acrónimos

ACC: Análisis Canónico de Componentes

Al.: Alianza

Alkal.: Alcalinidad

ANOVA: Analysis of Variance

Asoc.: Asociación

Cl.: Clase

Com.: Comunidad

Desv. Std.: Desviación estándar

EAU: Emiratos Árabes Unidos

EC: Electric Conductivity

EEUU: Estados Unidos

FTU: Formazin Turbidity Unit

Inv.: Inventario

MO: Materia Orgánica

MVSP: MultiVariate Statistical Package

OD: Oxígeno disuelto

OMBD: Dubai International Airport

Ord.: Orden

PCA: Principal component analysis

S.: Suelo

TDS: Total dissolved solids

TWINSpan: Two Way Indicator Species Analysis

USDA: United States Department of Agriculture

W.: Agua

1

Introducción

1. Introducción

1.1. El paisaje vegetal litoral de los Emiratos Árabes Unidos

Este estudio pretende dar a conocer el paisaje vegetal litoral actual de Emiratos Árabes Unidos (en adelante EAU), abarcando el manglar y los saladares, a través de la fitosociología, de manera que se obtenga una imagen de la realidad simplificada (Braun-Blanquet 1964; Cano et al. 2018; Bolòs i Capdevila 1963) que ayude a futuros investigadores a avanzar en materia de ecología (Boer & Al Ansari 1999; Western 1983; Alam et al. 2017).

En las zonas de clima tropical y subtropical (intermareales) pueden aparecer formaciones arbóreas más o menos densas y arbustos halófitos, que dan lugar a los ecosistemas de manglar (Ball 1988; Kathiresan & Bingham 2001; Saenger et al. 1983).

Estos ecosistemas se encuentran entre las latitudes 30°N y 30°S (Cano, A. et al., 2018) y según su localización se pueden clasificar en manglares paleotropicales y neotropicales. Los paleotropicales están distribuidos en el Océano Índico y en el Pacífico Occidental y cuentan con una gran distribución y diversidad de especies. Los neotropicales, desarrollados en las costas del Atlántico, disponen de menor presencia que los anteriores y menor número de especies (Chapman 1970; Yañez-Arancibia. & Lara-Domínguez 1999).

Concretamente, la distribución de los manglares paleotropicales se extiende desde el Este de África, donde las formaciones son escasas, en torno al Mar Rojo, alrededor de la India, en el Sudeste Asiático, incluyendo Filipinas y el Sur de Japón, hasta Australia, Nueva Zelanda y Oceanía, donde se citan unas 44 especies correspondientes a 14 géneros; sin embargo, en las costas del Atlántico se reducen a 7 especies en África y 9 en América donde se encuentran los neotropicales (Chapman 1970).

Por otra parte, desde el punto de vista botánico, los manglares están compuestos por especies pertenecientes a once familias: *Avicenniaceae*, *Myrsinaceae*, *Myrtaceae*, *Combretaceae*, *Meliaceae*, *Bombacaceae*, *Palmae*, *Rhizophoraceae*, *Rubiaceae*, *Sonneratiaceae* y *Tetrameristaceae* (Chapman 1970) y

existen más de 50 especies. Este estudio observa la familia *Avicenniaceae*, concretamente en la especie *Avicennia marina*, con independencia de poder hacer alusión a otras. Así mismo, se va a tratar el manglar y la vegetación que se encuentra en las proximidades.

Hay diversos estudios referentes a la distribución de los manglares en el mundo (Chapman 1970; Duke 1992; Spalding et al. 2010). Entre dichos estudios, existe uno referente a la clasificación mundial de los manglares, que los agrupa en 7 regiones, donde se mencionan únicamente los manglares singulares.

Estas regiones son (Spalding et al. 2010):

- Del Oeste de América, con la especie singular *Avicennia bicolor*.
- Del Este de América, con la especie singular es la *Avicennia schaueriana*.
- Del Centro-Oeste de África, que no tienen especies de manglar únicas y cuenta con una baja diversidad (Triest 2008), a excepción del Sur y el Norte Africano.
- Del Este de África, con un reducido número de especies, que no son singulares ya que se encuentran también en el Este del Océano Índico.
- De Indo-Andaman, al noroeste de Indo-Malasia, centrada en la bahía de Bengala y en el Mar de Andaman, donde son muchas las especies que han quedado restringidas en esta área: *Aegialitis rotundifolia*, *Sonneratia apetala*, *S. griffithii*.
- Del Sudeste de Asia, que cuenta con una gran cantidad de especies, y también son muchas sus especies restringidas: *Aegiceras floridum*, *Avicennia rumphiana*, *Camptostemon philippinense*, y *Sonneratia ovata*.
- De Australasia, donde se observa la continuidad vegetal con el Sudeste Asiático y cuenta con varias especies restringidas: *Aegialitis annulata*, *Avicennia integra*, *Bruguiera exaristata*, *Camptostemon schultzei* y *Ceriops australis*.

En la región denominada del Este de África, dentro de esta clasificación, se han desarrollado manglares en la costa hiperárida de Oriente Medio, donde se centra la presente Tesis.

Centrándonos, por consiguiente, en el Medio Oriente, se ha de hacer alusión a la *Avicennia marina*, en cuanto que es la única especie de manglar característica, y que en ocasiones puede estar acompañada por la especie *Rhizophora mucronata*, como sucede en el sur de Irán (Golfo de Omán), Sudan y en Djibouti (Batanouny 1994). La *Avicennia marina* es una de las especies de manglar de mayor amplitud geográfica, abarcando principalmente, las regiones paleotropicales Indigo-arabiga, Asiática Oriental, Australiana y del África Oriental (Chapman & Ronaldson 1958; Devi & Pathak 2016). Se estima que en Medio Oriente, los manglares ocupan una superficie de 624 km², que representa el 0,4% de los manglares del mundo, distribuidos entre Qatar, Bahrein, Djibouti, Egipto, Eritrea, Sudan, Arabia Saudita, Yemen (Khan et al. 2006; De Sanctis et al. 2013) y EAU (Karim & Dakheel 2006; El-Ghonemy 1993). Por otro lado, la baja diversidad de los manglares paleotropicales en esta área podría estar relacionada en primer lugar por las extremas condiciones ambientales y por otros factores históricos y biogeográficos (Spalding et al. 1997).

Dentro de la Península Arábiga, los manglares se encuentran principalmente en el oeste (en torno al Mar Rojo), en el noreste (en el Golfo Arábigo y en el Golfo de Omán) y en el sur (en el Golfo de Adén), tanto en el litoral como en las áreas postlitorales que incluyen zonas inundables (Spalding et al. 2010). Así mismo, en zonas de la Península Arábiga próximas al área de estudio, se han registrado formaciones halófilas postdunares, que entran en contacto con el manglar, en las que domina *Arthrocnemum macrostachyum*, como sucede en el Este de África, junto al Mar Rojo, y en el Sur, en Inhaca (Chapman 1969).

En EAU, se estima un área de 13.616 ha. de ecosistema de manglar entre el Golfo Arábigo y el Golfo de Omán, y la mayor parte del mismo se registra en el emirato de Abu Dhabi con 10.834 ha. En esta zona, el paisaje se ve claramente determinado por su clima tropical y subtropical, árido e hiperárido, con dos ecosistemas, uno de desierto con su

vegetación halófito e hiperhalófito, y el ecosistema marino formado por la especie de manglar *Avicennia marina*, acompañada por diferentes grupos de algas.

El manglar de EAU se encuentra de forma discontinua a lo largo de la franja litoral, distribuido especialmente en las costas de Abu Dhabi y en sus islas, en Ras Al Khaima y, por la parte del Golfo de Omán, en Khor Kalba. El resto de los emiratos también tienen presencia de manglar pero en menor proporción, y más dispersión.

Por lo general, cabe señalar que el manglar de EAU no se encuentra en un estado óptimo, pero tolera las condiciones del medio, como la excesiva concentración salina del suelo y del agua, que rara vez les permite alcanzar aproximadamente 5 m. de altura, ya que suele rondar los 3 m. (Karim & Dakheel 2006).

En algunas áreas de los EAU se presentan similitudes florísticas y de la sincorología de las comunidades psammófilas y halófitas que se recogen en diferentes estudios de la Península Arábiga (Deil, 2000, El-Keblawi et al. 2015; Deil 2000; Karim & Dakheel 2006; Hegazy & Lovett-doust 2016).

Los citados estudios mencionados en el párrafo anterior se refieren al manglar y a las franjas paralelas de vegetación xerohalófitas sobre las dunas del Golfo Arábigo (El-Ghonemy 1993; Karim & Dakheel 2006); donde los investigadores mencionan la presencia de comunidades de *Tetraena qatariensis* (*Zygophyllum qatariensis*) que forman el complejo de vegetación de *Tetraena qatariensis-geosigmatum* (El-Keblawi et al. 2015; Deil 2000; Karim & Dakheel 2006; Hegazy & Lovett-doust 2016). No obstante, no existe un análisis completo actual de toda la vegetación litoral de los EAU en el Golfo Arábigo. Sobre Abu Dhabi se realizó un buen estudio biogeográfico, pero recayó sobre un emirato de los siete (Boer & Saenger 2006).

Generalmente, la información que se obtiene acerca de la vegetación de EAU se encuentra en forma de catálogos florísticos (Ghazanfar et al. 1998; Zahran & Al-Ansari 1999; Ghazanfar 1999; Sakkir et al. 2017).

Hasta el presente, no se han realizado estudios de fitosociología y de la sindinámica de las comunidades vegetales de EAU que expliquen las interrelaciones del manglar y de la vegetación halófito e hiperhalófito próxima y limítrofe que aparece en el litoral. Ciertamente, esta disciplina ayudaría, por medio de la Geobotánica, a la interpretación del paisaje vegetal, y de esta manera se complementarían los estudios de ecología para el manglar previamente realizados en EAU (Embabi 1993; Hegazy 1998; Sadooni & El-Kassas 1999; Howari et al. 2009; Al-Habshi et al. 2007).

Lo anterior conlleva a pensar que para el conocimiento del paisaje vegetal en su totalidad se requiere del análisis de las diferentes comunidades vegetales existentes, y su distribución en el territorio, de acuerdo con la geografía y los valores físico-químicos del suelo y agua que entra en contacto para una climatología determinada (El-Keblawy 2017; Cuasquer et al. 2016). Para ello, se podría dividir el territorio en unidades homogéneas de vegetación (Braun-Blanquet, J. 1964; Miyawaki et al. 1982; Suzuki & Saenger 1996), respondiendo al por qué de la presencia o ausencia de una determinada comunidad vegetal (Suzuki & Saenger 1996), y detectando las especies indicadoras de los parámetros ecológicos.

De acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, a continuación se van a considerar algunos de los factores ecológicos influyentes en la sucesión de las comunidades vegetales de EAU que corresponden al espacio físico. Por un lado se encuentra que la geomorfología de las áreas litorales del Golfo Árabe, se caracteriza por superficies generalmente planas o con pendientes muy suaves, que ayudan a la entrada de agua de las mareas durante varios kilómetros hacia el interior de la Península (Ghazanfar et al. 1998). Solamente en el noreste la altitud es muy superior a la media, alcanzando gradualmente, una altura máxima de 100 m por encima del nivel del mar (Western 1989). Las playas de arena son estrechas, con abundante carbonato cálcico, y en ocasiones son seguidas por planicies salinas, que se extienden 30 km aproximadamente hacia adentro, bordeadas por pendientes de rocas del Terciario. En Abu Dhabi, aparece el mayor porcentaje de superficies planas salinas, de reciente formación, ocasionadas por la acumulación de aguas de mareas

en depresiones postdunares, que tras la evaporación resultan en capas cristalinas superficiales e impermeables (Western 1989) acompañadas por capas de yeso y anhídrita (Jongbloed 2003). Estas zonas de elevada concentración salina no admiten vegetación. Cuando las mareas han aportado grandes volúmenes de agua y han quedado retenidos en el interior de la Península Arábiga, se han ido formando lagos e incluso islas.

En cuanto a la climatología, EAU se caracteriza por tener cuatro estaciones, con temperaturas generalmente altas durante todo el año (Western 1989) con un clima subtropical cálido y húmedo que favorece el crecimiento del manglar, a pesar de la escasas precipitaciones.

Junto a los factores ecológicos, otros factores que también influyen son los antrópicos, que en este caso han modificado el paisaje en un corto periodo de tiempo (Sale et al. 2011; Yagoub & Kolan 2006; Loughland et al. 2007).

Por lo expuesto, este trabajo se va a centrar en el Golfo Árabe, pero en la parte que afecta a los EAU, para profundizar en la investigación desde el mar hasta las inmediaciones del desierto mediante transectos. Ciertos factores ecológicos van a ser considerados para mostrar su influencia en la sincrología de las comunidades (Ghazanfar et al. 1998). También cabe mencionar que este estudio únicamente considera el manglar natural, no reforestado, ya que es la vegetación superviviente la que mejor explica un ecosistema.

1.2. Objetivos

Esta Tesis pretende dar una visión del estado actual de la vegetación litoral del golfo Árabe, en base a sus características fitosociológicas y ecología. El desarrollo contempla los siguientes aspectos:

- Categorizar el área de estudio a través de la delimitación por unidades homogéneas de vegetación.
- Recolección, identificación e inventariación de las especies correspondientes al área de estudio. Elaboración del catálogo florístico y tablas de inventarios correspondientes a cada zona. Toma de las correspondientes muestras de suelos y agua.
- Reconocimiento de las comunidades vegetales a través de las distancias florísticas. Estudio estadístico.
- Determinación de los parámetros edáficos característicos y diferenciales de las comunidades extraídas.
- Evaluación global del estado de la vegetación de EAU. Factores determinantes.

2

Material y Métodos

2.2. Análisis florístico

Las especies son identificadas e inventariadas sobre el terreno y a su vez se incorporan al catálogo florístico con las características básicas de cada especie (Anexo 6.3). Para el reconocimiento de las especies se utilizan claves específicas (Bonnier & Laynes 1997; Karim & Dakheel 2006; Karim 2002; THE PLANT LIST 2017).

2.3. Análisis fitosociológico

Para un estudio de fitosociología se van a llevar a cabo dos fases: una analítica y otra sintética (Odum & Warrett 2006).

En la fase analítica se identifican las plantas, que serán incorporadas a los inventarios de vegetación (Anexo 6.2). Se seleccionan las áreas características del terreno con un muestreo preferencial delimitado por la homogeneidad, y se realiza de forma estratificada, de manera que se eviten los solapamientos y se seleccionen las áreas de riqueza florística. A través de la metodología de Braun Blanquet (1979) se informa sobre la cobertura de cada especie presente en un inventario. También se dan valores de cobertura vegetal general para cada inventario.

En la fase citada anteriormente, la localización de las áreas muestreadas se registra mediante dispositivos GPS, con una superficie alrededor de los 200 m².

Para finalizar la fase analítica, se aportan datos referentes a sus condicionantes ecológicos (agua, suelos, microtopografía, etc.) y se pueden proporcionar datos sobre el relieve, orientación, etc.

Con respecto a la fase sintética, se procede al análisis estadístico para obtener información cuantificada sobre el área estudiada, que se especifica en el 2.5.

2.4. Estudio del medio físico

2.4.1. Determinaciones de los factores bioclimáticos

Se determinan los índices bioclimáticos de termicidad (I_t) y el ombro-térmico (I_o , I_{o2}) (Rivas-Martínez 2008) a partir de los datos climatológicos de Dubai correspondientes a un período de 10 años (1998-2008) (OMDB 2016).

También a través de los datos de la estación meteorológica se obtendrá el bioclimograma, que muestra las temperaturas y la pluviometría a lo largo del año.

En las zonas que se consideran relevantes se recogen muestras de suelos y aguas, para los inventarios levantados, y posteriormente proceder a sus análisis físicoquímicos.

2.4.2. Análisis de suelos

Las muestras pertenecen al horizonte A (0-40 cm). En el laboratorio estas se secan hasta peso constante y son tamizadas (\varnothing 2 mm). Para el análisis de la textura se calculan los contenidos de arena, limo y arcilla otorgando un valor en porcentaje y utilizando el densímetro de Bouyoucos (Bouyoucos 1962). Por último, se hace uso del diagrama triangular para la determinación de la textura (Clasificación: U.S.D.A. 2017).

El contenido de CaCO_3 se evalúa mediante el calcímetro de Collins (Collins 1906).

La materia orgánica total se estima utilizando el método de pérdida por ignición (Allen et al. 1986). Estos resultados se contrastan con el método de Radojevik & Bashkin (2006) por el que también se calcula el porcentaje de humedad del suelo. Una vez secada la muestra a 60 °C, lo restante se introduce en horno de altas temperaturas (500 °C) durante 6

horas, para conocer el porcentaje de la materia orgánica de dicha muestra.

Para la estimación de la conductividad eléctrica se preparan extractos de agua en suelo (1: 5), usando un conductímetro eléctrico (Thermo Scientific Orion, EE. UU.). También se ha de calcular la salinidad de la muestra, el valor de TDS, el pH (con pHmetro) y los cloruros. El análisis de los cloruros se realiza por titración contra nitrato de plata usando cromato de potásico al 5% como indicador (Radojevik, M. & Bashkin, V. 2006).

Al igual que con las muestras de agua, los extractos de suelo también se introducen en el cromatógrafo para el cálculo de la concentración de los iones (Shimadzu, Japón).

Los carbonatos y bicarbonatos se calculan por titración con HCl usando fenolftaleína y naranja de metilo como indicadores (Radojevik, M. & Bashkin, V. 2006).

Los datos que se obtienen se presentan en una tabla anexada al inventario florístico, incorporando los siguientes parámetros para cada muestra seleccionada:

- Salinidad (contrastada con el cálculo de la conductividad)
- pH
- % Materia orgánica
- % en Arena, Limo y arcilla
- Alcalinidad
- Concentraciones de sodio, potasio, magnesio, calcio y cloro.

2.4.3. Análisis de aguas

Los parámetros por evaluar son el pH, la temperatura (°C), el oxígeno disuelto (OD, ppm), los sólidos disueltos (TDS, mg /l) y la salinidad (mg/l, meq/l) que se realizan con el dispositivo Multiparamétrico Hanna HI 9828 (EE. UU.), contrastándose los

resultados con una TDS Básica (Thermo Scientific Orion 115A+, USA) para el cálculo de la conductividad eléctrica (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$),.

La acidez-basicidad del agua se determina a través de bandas de pH de escala de 0 a 14 (Merk, Alemania).

La materia orgánica se calcula aplicando el método de Radojevic & Bashkin (2006). Las muestras de agua, de 10 ml cada una, se introducen en un horno (Gallenkamp, Alemania) a 60 °C durante 24 horas y posteriormente, tras ser pesadas se vuelven a introducir en otro horno de fundición (Modelo Thermolyne 6000, EE. UU.) a 500 °C durante 6 horas para hacer el cálculo a partir de los restos. Para hallar el valor de la materia orgánica en agua, de nuevo, se utilizan las fórmulas pertinentes (Radojevik & Bashkin 2006).

La turbidez del agua (FTU) se calcula con el turbidímetro HI98703 (HANNA, EE. UU.).

Las concentraciones de los iones (Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}) se determinan mediante cromatógrafo (SHIMADZU, Japón) siguiendo la metodología de Bolanka y Cerjan-Stefanovich (2007). Todas las muestras son acidificadas, filtradas (multiporo 0,045 μm) e introducidas en el cromatógrafo, que proporciona los valores de área. Con el programa de Office: Excel es posible obtener una relación lineal estándar que vincule los valores de las áreas con las concentraciones correspondientes.

2.5. Tratamiento estadístico de datos

La matriz de inventarios se procesa mediante análisis multivariante (TWINSPAN 1979; PCA; Pc-Ord. V.6, 2011) a fin de establecer las agrupaciones con las especies características y diferenciales.

Previamente, se eliminan especies con bajo grado de presencia ($<2\%$ en los inventarios totales). Las relaciones entre las comunidades y las variables de suelo/agua se determinan a través del Análisis Canónico de Componentes (ACC, MVSP, Kovacs, 2012).

El análisis de la varianza (ANOVA) se aplica para comparar las muestras mediante valores estadísticamente significativos y determinar la

importancia de las variaciones en el suelo/agua en relación con los grupos de vegetación identificados a través del programa TWINSpan.

2.5.1. Análisis Canónico de Componentes (ACC)

A través de los inventarios con los datos ecológicos se realiza el ACC (MVSP, 2012) y se obtiene una matriz de la que se extraen los principales factores de distribución y la relación de las variables edáficas e hídricas.

3

Resultados

3. Resultados

3.1. Características bioclimáticas

De acuerdo con los índices bioclimáticos, EAU se caracteriza por tener un clima tropical árido hiperxérico desértico, que dificulta el crecimiento de las especies vegetales. Estos índices son el resultado de fórmulas matemáticas y estadísticas, que combinan los parámetros climáticos (principalmente temperatura y precipitaciones) y son la base de varias clasificaciones climáticas y bioclimáticas (Rivas-Martínez 2008).

En el párrafo superior se ha señalado que el perfil bioclimático de EAU es infratropical hiperárido hiperdesértico de acuerdo con Rivas-Martínez (2008), y se sustenta por:

- Ser el valor del Índice de termicidad (I_t) > 800: infratropical inferior, tórrido, megatérmico.
- Tener el Índice ombrotérmico (I_o) un valor entre 0,2-1: Desértico.
- Ser el valor del Índice continental (I_c) > 24 ultrahiperhúmedo.

Estos valores se especifican en el siguiente gráfico (Figura 2).

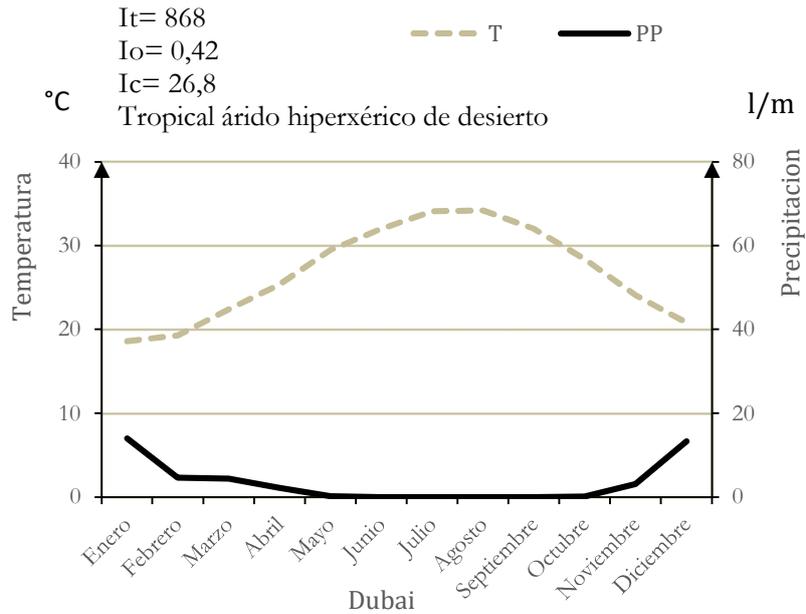


Figura 2.- Climograma del área de Dubai, EAU.

EAU presenta dos períodos climáticos diferentes, uno de mayo a octubre con altas temperaturas y sin precipitaciones, y el otro de noviembre a abril con precipitaciones escasas y temperaturas más suaves (Figura 2).

Continuándose con la descripción climática, la temperatura media anual oscila alrededor de los 26,4°C, la máxima alrededor de los 35,1°C en agosto, y la mínima en torno a los 15,1°C en enero.

En cuanto a las precipitaciones, apenas se registran durante el año, y de darse únicamente tienen lugar en los meses de diciembre y enero.

Con este tipo de condiciones climáticas a nivel mundial y características de EAU (Ali 1994), el crecimiento vegetal queda muy limitado. Las altas temperaturas, las bajas precipitaciones e incluso las tormentas de arena ocasionadas por fuertes vientos son factores que limitan mucho la biodiversidad en este ecosistema.

3.2. Fitosociología. Esquema sintaxonómico.

Se tomaron muestras de vegetación a través de 104 inventarios (Figura 3), cada una de 200-400 m². Estos muestreos se pueden observar en el mapa de EAU expuesto a continuación, dentro del área sombreada en verde que se trata del área estudiada (Figura 3).



Figura 3.- Mapa con las localizaciones de los muestreos.

Los muestreos se han realizado en: Abu Dhabi (29 inventarios), Dubai (13 inventarios), Ajman (4 inventarios), Um Al Quwain (49 inventarios) y (9 inventarios) en Ras Al Khaimah. En Abu Dhabi fueron encontradas la mayor parte de las especies registradas.

Se han distinguido nueve grupos de vegetación, 5 de los cuales son asociaciones vegetales características de EAU, que se tratan de comunidades vegetales más o menos estables y en equilibrio con el medio, caracterizadas por una composición florística determinada, con elementos exclusivos que indican una ecología particular (Braun-Blanquet 1964; Cano et al. 2018). La primera asociación es una formación arbórea de manglar monoespecífico de *Avicennia marina* (Apartado 6 Anexo 1. B y C).

Tras el manglar aparecen 4 asociaciones de saladar, cuyas especies características son *Salicornia fruticosa*, *Arthrocnemum macrostachyum*-

Halocnemum strobilaceum, *Suaeda fruticosa* y le sucede la asociación con la especie dominante *Tetraena qatarensis* (Apartado 6 Anexo 1 F) antes de las altas dunas de desierto; todas ellas características de ambientes litorales desérticos de la Península Arábiga.

Las asociaciones de saladar se alternan hasta que aparece un ecotono con comunidades de plantas del desierto. En esta franja de plantas edafoxerófilas aparecen *Calotropis procera*, *Heliotropium bacciferum* y *Cornulaca monacantha* y el árbol típico de la Península, que es *Prosopis cineraria* (Apartado 6 Anexo 1. E y G) acompañado por matorrales de *Salsola imbricata*. Se trata de vegetación hiperdesértica con nula relación con el manglar.

Cabe citar también, que el manglar se encuentra presente en dos comunidades emergentes, probablemente como consecuencia de las alteraciones antrópicas, que degeneran el territorio, mezclando suelos litorales con postlitorales, para diferentes fines, apareciendo las comunidades de *Avicennia marina/Sesuvium portulacastrum* y de *Avicennia marina/Salicornia*, que se detallaran en el siguiente apartado. La aparición de comunidades por la acción del hombre, sirve como indicador del grado de alteración del hábitat.

3.2.1. Comunidades vegetales. Sistema sintaxonómico.

En este apartado se describe la asociación natural de manglar junto con las asociaciones de saladar, llegando a las comunidades de desierto, o plantas pertenecientes a las asociaciones vecinas. Y por último se van a describir las comunidades emergentes.

1.- **Asoc. *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970.** (Cl. *Rhizophoro-Avicennietea germinantis* Borhidi & Del Risco; Ord. *Avicennietalia* Cuatrecasas 1958; Al. *Avicennion orientalis* Chapman J. 1970).

Esta asociación es la característica del manglar litoral de EAU, ocupando extensas áreas costeras, tanto en de la Península Arábiga como en las islas.

Los manglares naturales del área estudiada son similares a los de la región del Este de África (Chapman 1970), ya que ambos son pobres en especies, caracterizados por ser bosques litorales monoespecíficos, registrando únicamente la especie *Avicennia marina* (Tabla 1).

El manglar de EAU se encuentra protegido por los arrecifes de coral del Golfo Arábigo.

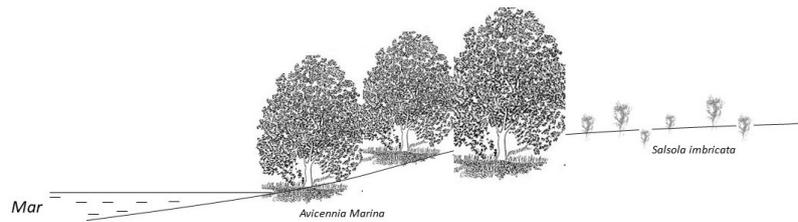
Junto con la especie dominante de la asociación, *Avicennia marina*, aparece la especie acompañante *Salsola imbricata* (Figura 4), planta suculenta halófila subcosmopolita que crece en varios tipos de suelos y se encuentra en Pakistán (Khan & Qaiser 2006a), en África (Boer et al. 2002), sur de Irán (Soltanipoor 2006), Egipto (Sheded 2002), afganistán, noroeste de la India (Paul 2012) y en la Península Arábiga (Tabla 1).

Avicennia marina, especie propia de manglares paleotropicales, forma densas masas boscosas en zonas litorales de nuestro área de estudio, en Abu Dhabi desde Jebel al-Dhana y en las islas hasta el norte del emirato donde se encuentra la isla de Sheleilah, en Dubai se encuentran en el area de Ghantout y en Ras Al Khor, en Ras al-Khaimah en el área de Rams, y en las costas de Um Al Quwain y Ajman, en primera línea de costa y en incluso en zonas emergentes dentro del mar, alejadas de la costa (Karim & Dakheel 2006).

Tabla 1.- Asoc. *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970. (Cl. *Rhizophoro- Avicennietea germinantis* Borhidi & Del Risco; Ord. *Avicennietalia* Cuatrecasas 1958; Al. *Avicennion orientalis* Chapman J. 1970).

| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Área m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 60 | 75 | 80 | 75 | 75 | 60 | 3 | 25 | 55 | 55 | 25 | 75 | 75 | 75 | 75 | 5 | 25 | 75 | 25 |
| Características de asociación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Avicennia marina</i> | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| Compañeras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Salsola imbricata</i> | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <p>Localizaciones.- Abu Dhabi; 1: 24°34'08.6"N 54°31'25.8"E; 2:24°38'15.2"N 54°32'15.6"E. Um Al Q.; 3: 25°35'21.1"N 55°35'44.9"E; 4: 25°35'08.7"N 55°36'44.6"E; 5: 25°34'57.2"N 55°36'36.2"E; 6: 25°33'06.3"N 55°34'44.0"E; 7: 25°33'26.6"N 55°38'23.1"E; 8: 25°31'59.6"N 55°37'57.1"E; 9: 25°31'46.5"N 55°35'17.0"E. Ajman; 10: 25°22'20.4"N 55°33'23.2"E. Ras Al Khaimah; 11: 25°46'31.4"N 55°57'51.1"E; 12: 25°46'34.2"N 55°57'38.8"E; 13: 25°46'16.0"N 55°56'32.9"E; 14: 25°46'19.6"N 55°57'10.4"E. Ajman; 15: 25°25'37.4"N 55°29'40.6"E. Abu Dhabi; 16: 24°29'48.9"N 54°37'26.4"E; 17:24°31'44.6"N 54°30'26.7"E; 18:24°32'40.6"N 54°28'13.1"E; 19: 24°33'08.2"N 54°27'42.6"E.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Fecha.- 1, 2: 10/12/2016; 3, 4, 5: 10/14/2016; 6: 2/25/2017; 7, 8, 9, 10: 4/1/2017; 11, 12, 13, 14, 15: 4/5/2017; 16, 17, 18, 19: 4/8/2017.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

a)



b)

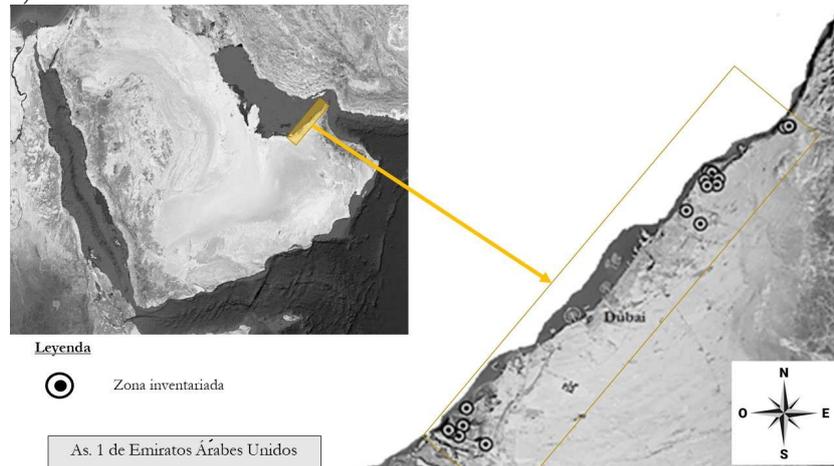


Figura 4.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 1: *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970.

En cuanto a la ecología característica para esta asociación se observa que sus raíces se encuentran en suelos arenosos muy salinos en torno a los 7 ppt (Tabla 11), y por lo tanto con una alta concentración de iones Cl^- y Na^+ procedentes de las aguas marinas. La presencia del catión Na^+ es importante para la tolerancia de las plantas a los ambientes muy salinos donde está la *Avicennia* (Alshammary 2007). El agua que inunda el manglar, también resulta muy salina, con una mayor concentración de sales con respecto al manglar sobre suelo con menor frecuencia de inundaciones (9,10 ppt) (Tabla 11).

El suelo del manglar también se caracteriza por tener un pH muy básico, en torno a 8,5 (Tabla 11), y este dato confirma los resultados obtenidos para el estudio del Golfo de Khambhat, cuya especie dominante también es la *Avicennia marina* (Devi & Pathak 2016) coincidiendo también en el pH de sus aguas.

La cantidad de carbonato cálcico en estos suelos es muy elevada con un valor de Alcalinidad de 96 mg (Tabla 11).

Por otra parte, también cabe destacar los altos contenidos en cationes K⁺ y Mg⁺⁺ en las muestras de suelo del manglar, además de ser unos suelos ricos en materia orgánica y de alta humedad (Tabla 12).

| |
|-------------------|
| Saladares: |
|-------------------|

2.- Asoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928 (*Cl. Salicornietea fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*), *Ord. Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931, *Al. Arthrocnemion fruticosi* Br. Bl. 1931, *Sub Al. Salicornienion fruticosi* Br. Bl. 1931).

Esta asociación se encuentra tras el manglar, en zonas que también pueden ser inundadas pero con menos frecuencia, en saladares o *sabkhas*, por lo que nuevamente se trata de suelos con alta concentración de sales procedentes del agua del mar. Estas sales o costras salinas aparecen sobre la superficie una vez que el agua del mar queda retenida y es evaporada.

Al igual que en la asociación 1 de manglar, la concentración de Cl⁻ y Na⁺ es elevada en el suelo, con una conductividad en torno a $13,51 \pm 1,48$ mS.

Esta zona arenosa plana se encuentra litificada por minerales de carbonato de calcio precipitado entre otros (Ca⁺⁺: 276,09 mg/kg), de bajo contenido en materia orgánica (Tabla 11).

En esta asociación se encuentra la especie característica: *Sarcocornia fruticosa* (= *Salicornia fruticosa*) (Tabla 2), que es una quenopodiácea propia de Eurasia. Las especies halófitas características de la alianza y orden que aparecen son la *Suaeda fruticosa*, *Suaeda aegyptiaca*, *Salsola imbricata*, y *Halopeplis perfoliata* (Freitag 1991), esta última se encuentra también al este de Arabia Saudita donde se confirma su ecología característica de altos niveles de concentración de cationes K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y Na⁺ (Al-

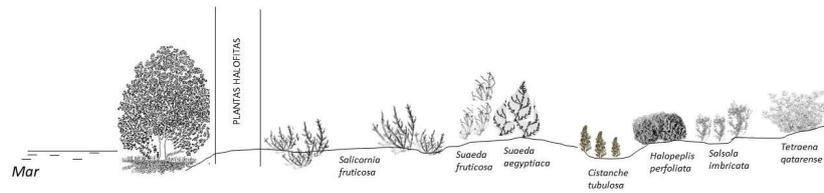
Taisad 2016). Otras especies que se pueden encontrar en esta asociación son la *Tetraena qatarensis* y *Cistanche tubulosa*.

Sarcocornia fruticosa, *Halopeplis perfoliata* y *Suaeda fruticosa*, son especies de distribución saharo-sindian e irano-turaniana, restringida a la costa norte del Golfo Árabe (Deil 2000). Pero la presencia de *Halopeplis perfoliata* y *Suaeda fruticosa* forman un grupo vicariante halófilo con tendencia al desarrollo de nuevas comunidades xerohalofíticas.

Tabla 2.- Asoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928 (Cl. *Salicornietea fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*), Ord. *Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931, Al. *Arthrocnemion fruticosi* Br.-Bl. 1931, Sub Al. *Salicornienion fruticosi* Br. Bl. 1931).

| | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Área m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 50 | 30 | 50 | 50 | 50 | 60 | 80 | 60 |
| Características de asociación | | | | | | | | |
| <i>Avicennia marina</i> | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| <i>Salicornia fruticosa</i> | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| Otras especies: en 4, <i>Suaeda fruticosa</i> 1; <i>Suaeda aegyptiaca</i> 2; <i>Halopeplis perfoliata</i> 1; <i>Tetraena qatarensis</i> 1. | | | | | | | | |
| Localizaciones.- Abu Dhabi; 1: 24°27'05.3"N 54°26'21.8"E; 2: 24°27'05.2"N 54°26'23.4"E; 3: 24°32'43.3"N 54°31'27.0"E; 4: 24°32'01.6"N 54°31'41.6"E ; 5:24°34'21.2"N 54°31'16.9"E ; 7: 24°15'46.2"N 54°23'51.0"E. Um Al Quwain; 6: 25°35'33.4"N 55°36'36.9"E; 8: 25°35'31.0"N 55°35'27.4"E | | | | | | | | |
| Fecha. 1,2: 10/11/2016; 3,4,5: 10/12/2016;6:10/14/2016;7: 10/2/2017; 8: 25/2/2017. | | | | | | | | |

a)



b)

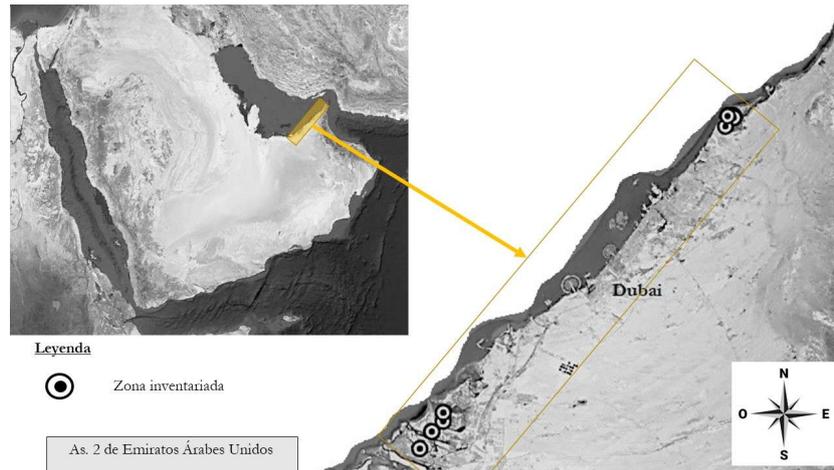


Figura 5.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 2: *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928.

3.- Asoc. *Arthrocnemo machostachi- Halocnemetum strobiliaci*. *Associatio nova* (Cl. *Salicornietea fruticosae* Br. Bl. & Tx. 1943 (*Arthrocnemetea*), Ord. *Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931, *Al. Arthrocnemion fruticosi* Br.-Bl. 1931, *Sub Al. Arthrocnemion machrostachi (glauca)* Br. Bl. 1928). Tabla general de inventarios en Anexos 6.2, Inv.57, 58, 73, 83, 88, 89 y 101.

Esta asociación se dispone sobre suelos tidálicos de la zona intermareal (Boër 1996), en zonas costeras más o menos estrechas, que solamente se ven afectadas por inundaciones cuando la marea alcanza su

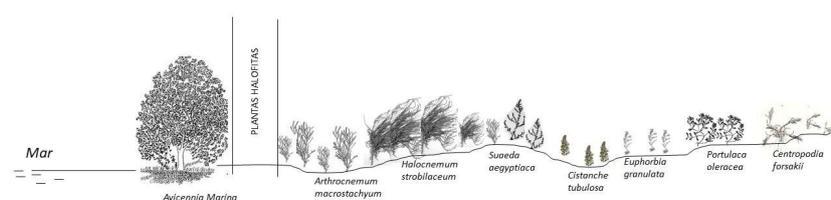
punto máximo. Esta asociación también puede aparecer cuando los niveles freáticos es elevado, ubicándose en zonas de depresión.

De acuerdo con la tabla de inventarios 3, *Arthrocnemum macrostachium* es la especie dominante de la asociación, junto con la especie *Halocnemum strobilaceum* (Mehrabian et al. 2009), especies que suelen presentarse unidas en la costa de EAU (Invs. 1,4,5 y 7, Tabla 3). El porcentaje de aparición de una sobre otra puede depender de factores antrópicos. Deil (2000) solamente hace mención de *Halocnemum strobilaceum* en el Golfo Árabe en forma de comunidad vegetal. Estas formaciones halófitas del litoral y de las islas de la EAU se encuentran generalmente con otras especies halófitas (*Suaeda aegyptiaca*, *Euphorbia granulata*, *Centropodia forskalii*, *Portulaca oleracea*, *Cistanche tubulosa*).

Tabla 3.- Asoc. *Arthrocnemum macrostachi- Halocnemum strobilacei* Associatio nova. (Cl. *Salicornietea fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*), Ord. *Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931, Al. *Arthrocnemion fruticosi* Br.-Bl. 1931, Sub Al. *Arthrocnemion macrostachi (glauci)* Br. Bl. 1928).

| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Área m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 75 | 3 | 25 | 100 | 60 | 70 | 55 |
| Características de asociación | | | | | | | |
| <i>Arthrocnemum macrostachyum</i> | 5 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| <i>Halocnemum strobilaceum</i> | 2 | - | - | 2 | 4 | - | 1 |
| Otras especies: en 6, <i>Suaeda aegyptiaca</i> 4; <i>Euphorbia granulata</i> 2; <i>Centropodia forskalii</i> 1; <i>Portulaca oleracea f. alba</i> 1; en 7, <i>Cistanche tubulosa</i> , 3 | | | | | | | |
| Localizaciones..- Um Al Quwain; 1: 25°35'18.9"N 55°35'21.5"E; 2: 25°35'18.9"N 55°35'21.5"E; 3: 25°33'21.6"N 55°38'41.0"E; Ras Al Khaimah; 4: 25°46'30.9"N 55°57'50.2"E; 5: 25°46'20.6"N 55°57'12.7"E; 6: 25°46'19.8"N 55°57'13.2"E; Abu Dhabi; 7: 24°33'13.0"N 54°27'20.0"E. | | | | | | | |
| Fecha.- 1,2: 25/2/2017; 3: 1/4/2017; 4,5 y 6: 5/4/2017; 7: 8/4/2017. | | | | | | | |

a)



b)

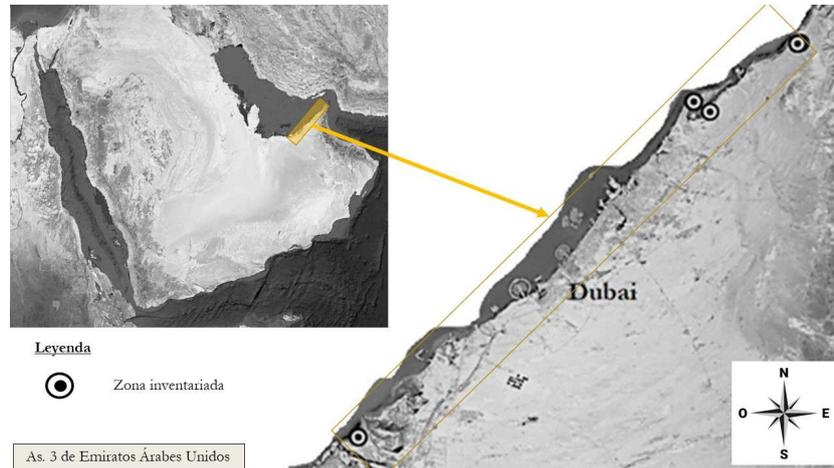


Figura 6.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la Asociación 3: *Arthrocnemo machostachi*- *Halocnemum strobiliaci*. *Associatio nova*.

Esta asociación se encuentra en suelos de textura arenosa, alcalinos, planos de saladar, tras las asociaciones anteriores, y puede estar en primera línea de costa, a varios metros de la orilla, cuando *Avicennia marina* se encuentra ausente porque no se dan las condiciones ecológicas necesarias para el crecimiento de esta especie.

Sus suelos tienen una alta humedad ocasional cuando acaban de ser inundados, y retienen las sales por lo que las plantas que se encuentran en estos son muy tolerantes a entornos salinos, con niveles de conductividad en torno a 6,73 mS y de salinidad 3,8 ppm (Tabla 11).

También, los suelos sobre los que se asienta esta asociación tienen niveles altos de Ca^{++} , Na^+ , K^+ y Mg^{++} , pero no son destacables con

respecto a otras asociaciones del litoral del Golfo Árabe en los EAU. Por último se detecta un alto contenido en carbonato cálcico en el suelo (Tabla 12).

Esta asociación se desarrolla en Abu Dhabi, Um Al Quwain y Ras Al Khaimah.

4.- Asoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958 (*Cl. Salicornietea fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*), *Ord. Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931, *Al. Arthrocnemion fruticosi* Br. Bl. 1931, *Sub Al. Suaedenion verae* Rivas Martínez & al. 1990).

Esta asociación aparece tras la asociación *Arthrocnemo macrostachi-Halocnemum strobiliacei* nova, hacia el interior, cuando se dan las condiciones ecológicas que le son propias. En esta asociación se ha desarrollado especie *Avicennia marina* (Tabla 4) aunque rara vez sus suelos son inundados por el agua del mar, únicamente cuando se dan las altas mareas en las costas de EAU (porcentaje de humedad medio del suelo en torno a 7,83%).

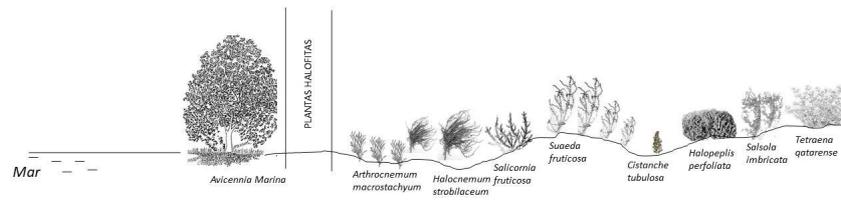
Esta agrupación se encuentra sobre suelos áridos, salinos, con especies características halofíticas y xerófitas extremas como *Suaeda fruticosa* y *Arthrocnemum macrostachium* (Apartado 6 Anexo D). Los factores principales que afectan en la salinidad de este suelo serían las precipitaciones tormentosas y las filtraciones de agua subterránea.

Las especies acompañantes son *Cistanche tubulosa* (Invs. 6 y 8, Tabla 4) y *Tetraena qatarensis* (Invs. 3 y 4, Tabla 4). Otras especies que se han localizado en la asociación con bajo índice de abundancia son *Salsola imbricata*, *Halocnemum strobilaceum*, *Halopeplis perfoliata*, *Salicornia arábica* y *Avicennia marina*, estas especies han sido citadas por otro estudio en Medio Oriente (Frey & Kürschner 1983). A medida que el estudio se adentra en la Península el número de especies localizadas se va reduciendo.

Tabla 4.- Asoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958 (*Cl. Salicorniometea fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*), *Ord. Salicornometalia fruticosi* Br. Bl. 1931, *Al. Arthrocnemion fruticosi* Br.-Bl. 1931, *Sub Al. Suaedenion verae* Rivas Martinez & al. 1990).

| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Área m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 25 | 15 | 60 | 60 | 5 | 55 | 55 | 60 |
| Características de asociación | | | | | | | | |
| <i>Suaeda fruticosa</i> | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| <i>Arthrocnemum macrostachyum</i> | - | - | - | - | - | 3 | 1 | - |
| Compañeras | | | | | | | | |
| <i>Cistanche tubulosa</i> | - | - | - | - | - | + | - | + |
| <i>Tetraena qatarensis</i> | - | - | + | + | - | - | - | - |
| Otras especies: en 2, <i>Salsola imbricata</i> , 2; <i>Halocnemum strobilaceum</i> , 2; en 6, <i>Halopeplis perfoliata</i> , +; en 7, <i>Salicornia arabica</i> , 3; en 8, <i>Avicennia marina</i> 2. | | | | | | | | |
| Localizaciones..- Um Al Quwain; 1: 25°35'20.6"N 55°35'29.4"E; 2: 25°35'31.0"N 55°36'34.7"E; 3: 25°34'55.2"N 55°36'39.8"E; 4: 25°34'55.6"N 55°36'39.6"E; 5: 25°34'08.9"N 55°34'27.1"E; 6: 25°35'17.6"N 55°35'16.5"E; 7, 25°38'37.7"N 55°44'03.3"E; 8: 25°31'59.8"N 55°38'00.6"E. | | | | | | | | |
| Fecha.- 1,2,3,4: 10/14/2016; 5: 2/25/2017;6, 7, 8: 4/1/2017. | | | | | | | | |

a)



b)

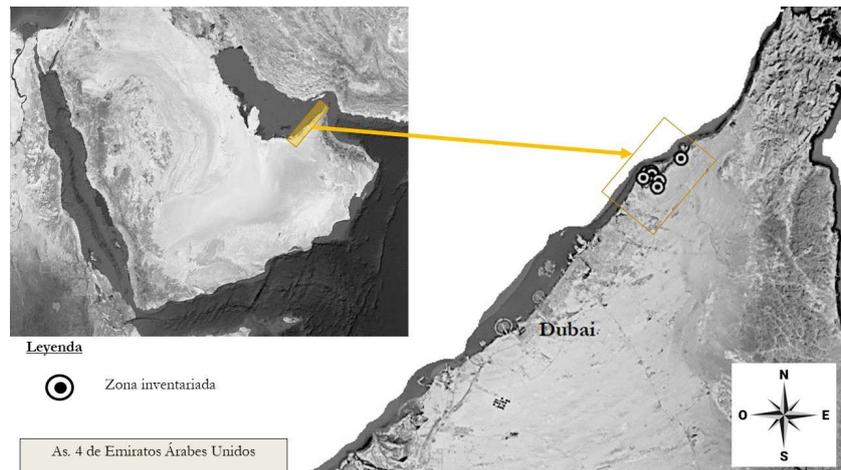


Figura 7.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la asociación 4: *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958.

Esta asociación se desarrolla en Um Al Quwain, con suelos arenosos de bajo contenido en materia orgánica con respecto a la clasificación general mundial, pero elevado para tratarse de un área de desierto/semidesierto, con un valor en torno al 2,83%, y poseen valores altos para los iones estudiados y de carbonato cálcico, pero en menor proporción que en las asociaciones anteriores (Tabla 11, Tabla 12).

A medida que se van adentrando las asociaciones en el interior de la Península se va dando un descenso general de los valores para los parámetros ecológicos estudiados del suelo y agua (Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14).

5.- Asoc. *Tetraenetum qatarensis* *Associatio nova*. (Ord. *Salsola-Nitrarietalia* P. Quézel 1965, Al. *Limonastreto-Zigophyllion* P. Quézel 1965). Holotypus: Tabla general de inventarios en Anexos 6.2, Inv. 27, 36, 38, 42, 43, 44, 48, 53, 54, 70, 76, 95, 97 y 103.

Esta asociación es probablemente de las más comunes del Golfo Árabe, en concreto de los EAU. Se encuentra entre los saladares y en el inicio del desierto. En otro estudio se ha localizado en las zonas de Ras al-Khaimah, Al Ain, Dubai y Shwayb dentro de EAU (Karim & Dakheel 2006). Este estudio actual localiza esta asociación en los emiratos de Um Al Quwain, Ajman y Abu Dhabi.

Esta asociación está formada principalmente por la especie *Tetraena qatarensis* que es una especie nativa de la Península Árabe y crece alrededor del Golfo Árabe y del Golfo de Omán, (Deil 2000) formando geoseries fitosociológicas.

Las asociaciones de *Tetraena qatarensis* se encuentra en depresiones donde se acumula la arena, en suelos menos salinos que los de las asociaciones anteriores, calcáreos (Tabla 12) y normalmente habita entre dunas. Si los suelos están bien drenados en estas llanuras costeras pueden llegar a ser la asociación dominante del área si las condiciones le son favorables, pudiendo llegar a ocupar el 75% del territorio.

Otras especies que acompañan en la asociación son *Salsola imbricata*, *Suaeda fruticosa*, *Halopeplis perfoliata* y *Sporobolus spicatus*. Y de forma ocasional pueden aparecer *Calligonum comosum* y *Prosopis cineraria* (Tabla 5).

A continuación se muestra la Tabla 5 con los inventarios de la asociación.

Tabla 5.- Asoc. *Tetraenetum qatarensis* *Associatio nova*. (Ord. *Salsolo- Nitrarietalia* P. Quézel 1965, Al. *Limonastreto-Zigophyllion* P. Quézel 1965).

| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Área m ² | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 | 50 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 3 | 30 | 20 | 25 | 5 | 70 | 30 | 85 | 75 | 100 | 30 | 55 | 5 | 30 |
| Características de asociación | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tetraena qatarensis</i> | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Compañeras | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Salsola imbricata</i> | - | 1 | 1 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Suaeda fruticosa</i> | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 5 | - | - | - | - |
| <i>Halopeplis perfoliata</i> | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - |
| <i>Sporobolus spicatus</i> | - | - | 2 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Otras especies: en 11, <i>Calligonum comosum</i> +; en 14, <i>Prospis cineraria</i> + | | | | | | | | | | | | | | |
| Localizaciones. - Um Al Quwain; 1: 25°34'49.8"N 55°36'40.6"E; 2: 25°03'23.7"N 55°07'35.9"E; Dubai 3: 25°03'28.0"N 55°07'43.2"E; Abu Dhabi, 4: 24°31'24.2"N 54°37'21.7"E; 5: 24°31'23.0"N 54°37'16.1"E; 6: 25°00'40.6"N 55°05'44.1"E. 7: 24°16'15.5"N 54°26'33.8"E. 8: 25°33'43.9"N 55°34'32.1"E; Um Al Q., 9: 25°33'44.6"N 55°34'33.8"E; 10: 25°37'07.8"N 55°41'21.3"E; 11: 25°31'51.9"N 55°37'55.5"E; 12: 24°40'59.2"N 54°40'31.0"E., Abu Dhabi 13: 24°29'48.9"N 54°37'26.4"E; 14: 24°33'14.7"N 54°27'18.8"E. | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha. - 1: 14/10/2016; 2,3: 22/01/2017; 4,5: 02/02/2017; 6: 8/2/2017; 7: 2/2/2017; 8: 25/2/2017; 9: 25/2/2017; 10: 1/4/2017; 11: 1/4/2017; 12, 13 y 14: 8/4/201. | | | | | | | | | | | | | | |

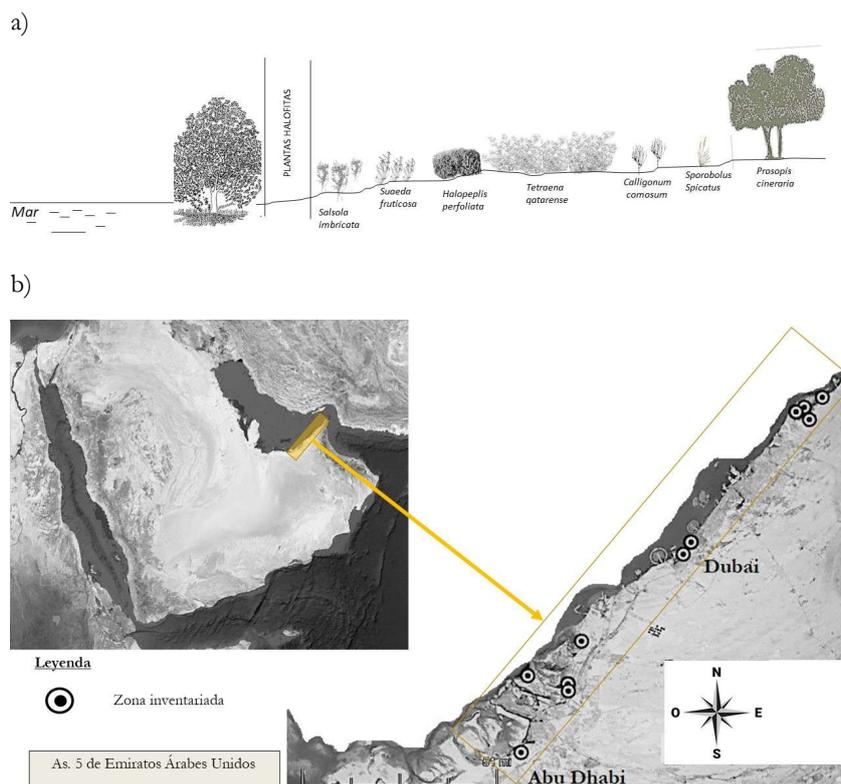


Figura 8.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la asociación 5: *Tetraenetum qatariensis* *Associatio nova*.

En los valores de los análisis de suelo para esta asociación, el valor de pH resulta elevado, siendo destacable como en la asociación 1 (*Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970) y en la asociación 3 (*Arthrocnemum machostachi- Halocnemum strobiliaci nova*) con un contenido en materia orgánica y de humedad reducidos (Tabla 11, Tabla 12).

6.- Comunidad de *Calotropis procera* (Cl. *Panico turgidi Acacietea raddiana* Costa, M. & al. 2016 (*Pergulario-Pulicarietea* P. Quézel 1965); Ord. *Panico turgidi Acacietalia raddiana* Costa, M. & al. 2016; Al. *Panico turgidi Mauerion crassifoliae* Costa, M. & al. 2016).

Esta comunidad se encuentra en la zona de transición entre el litoral y el desierto. La especie *Calotropis procera* es de distribución Saharo-

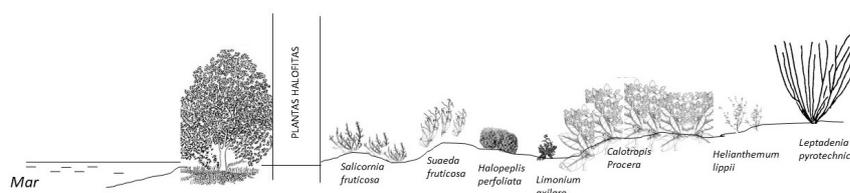
sindica, en el norte de África donde es común, y en el Sáhara Occidental, central y meridional. En EAU la comunidad se desarrolla en Dubai y en Um Al Quwain. Se trata de una comunidad dominante en suelos arenosos salinos próximos al desierto, en dunas elevadas, en pendientes o en suelos llanos en deflación (El-Keblawy 2015).

La especie acompañante es *Helianthemum lippii* y otras especies que se pueden desarrollar y aparecer dentro de este grupo son: *Leptadenia pyrotechnica*, *Limonium axillare*, *Salicornia arabica*, *Suaeda fruticosa* y *Halopeplis perfoliata*.

Tabla 6.- Comunidad de *Calotropis procera* (Cl. *Panico turgidi* Acacietae *raddiana*e Costa, M. & al. 2016 (*Pergulario-Pulicarietea* P. Quézel 1965); Ord. *Panico turgidi* Acacietalia *raddiana*e Costa, M. & al. 2016; Al. *Panico turgidi* *Mauerion crassifoliae* Costa, M. & al. 2016).

| | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Área m ² | 100 | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 5 | 3 | 30 | 3 | 70 | 25 |
| Características de comunidad | | | | | | |
| <i>Calotropis procera</i> | 2 | - | 3 | 1 | 4 | 3 |
| Compañeras | | | | | | |
| <i>Helianthemum lippii</i> | - | 1 | 1 | - | - | - |
| Otras especies: en 3, <i>Leptadenia pyrotechnica</i> , 1; en 5, <i>Limonium axillare</i> , 2; en 6, <i>Salicornia arabica</i> , 5; en 7, <i>Suaeda fruticosa</i> , 2; <i>Halopeplis perfoliata</i> , 2. | | | | | | |
| Localizaciones.- Um Al Quwain; 1: 25°32'16.5"N 55°41'01.2"E; 2: 25°32'10.2"N 55°41'01.5"E; 3: 25°32'07.2"N 55°41'01.6"E; 4: 25°32'08.0"N 55°40'57.4"E; Dubai; 5: 25°31'45.9"N 55°37'39.8"E; 6: 25°29'43.6"N 55°43'36.9"E. | | | | | | |
| Fecha.- 1,2,3,4: 12/1/2016; 5: 4/1/2017; 6: 25°29'43.6"N 55°43'36.9"E | | | | | | |

a)



b)

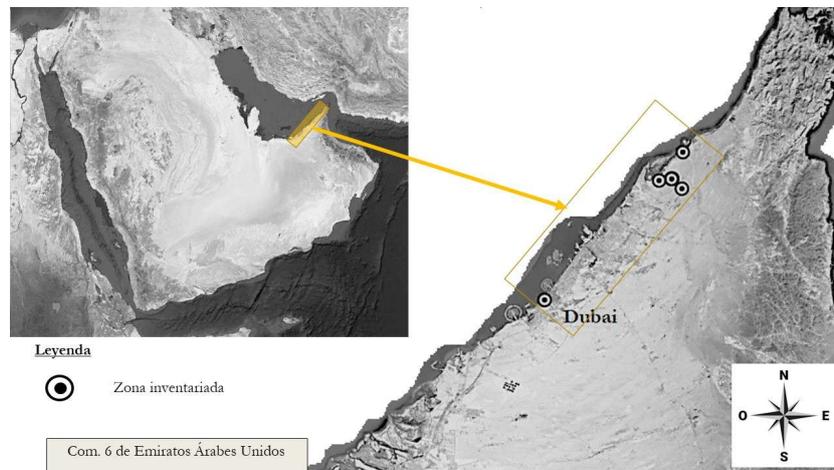


Figura 9.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 6: *Calotropis procera*.

A medida que se avanza hacia el desierto los valores de los parámetros estudiados van descendiendo. Por lo tanto, los suelos de esta comunidad siguen siendo arenosos, básicos y alcalinos, pero con salinidades más bajas y menor contenido en iones y carbonatos.

Comunidades dunares previas al desierto

7.- Comunidad halófila dentro de la alianza *Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha* (*Panico turgidi-Maeurouion crassifoliae*).

Comunidad de hábitat arenoso menos salino que los anteriores (Zahrán & Al-Ansari 1999). Esta agrupación se localiza en las zonas limitantes de este estudio o zonas periféricas del ecotono litoral con el desierto.

El límite suroeste de esta área se solapa con las dunas del desierto, donde la vegetación se superpone con la propia de las dunas altas, y esto

se refleja en los inventarios florísticos heterogéneos, con especies halófilas y xéricas psammófilas.

Heliotropium bacciferum es la especie dominante de la comunidad, perenne, que se desarrolla en el Norte de África, en Arabia y Pakistán; y la otra especie característica se trata de *Cornulaca monacantha*, planta desértica que se encuentra en Medio Oriente y en el Sáhara (Barry 1973).

Las especies características *Heliotropium bacciferum*, *Cornulaca monacantha* junto con la especie acompañante *Cyperus conglomeratus*, todas ellas han sido catalogadas como plantas frecuentes o características de las comunidades de las regiones del Sáhara (Costa et al. 2016), con tolerancia a un alto índice de aridez.

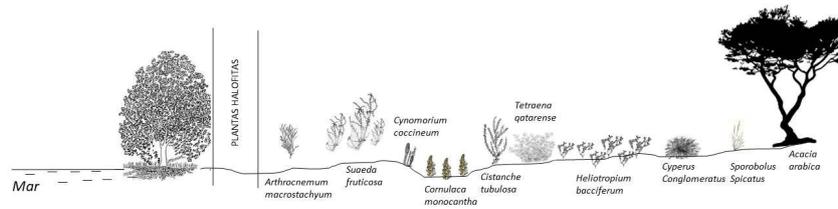
Una especie acompañante de la comunidad es el *Cyperus conglomeratus*, citada como especie frecuente en las dunas de EAU, en otro estudio (Zahran & Al-Ansari 1999; Al-Samaliyah Island) que muestra que se trata de una especie de gran cobertura, pero su presencia no alcanza el 50% en las observaciones. Cuando las llanuras y las depresiones aumentan de tamaño y de número *C. monacantha* y *H. elegans* se adueñan del territorio. Otra especie acompañante de la asociación es la *Suaeda fruticosa*.

Al igual que en Omán (Konig & Fried 2015) las llanuras costeras que están fuera de la influencia directa de la sal, se llenan de matorrales pudiendo aparecer la especie arbórea *Acacia arábica* en esta comunidad (Figura 10 a).

Tabla 7.- Comunidad de *Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha* (Cl. *Panico turgidi Acacietea raddianae* Costa, M. & al. 2016 (Pergulario-Pulicarietea P. Quézel 1965); Ord. *Panico turgidi Acacietalia raddianae* Costa, M. & al. 2016; Al. *Panico turgidi Maurion crassifoliae* Costa, M. & al. 2016).

| | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Área m ² | 50 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 60 | 5 | 30 | 10 | 65 | 90 | 60 | 30 |
| Características de comunidad | | | | | | | | |
| <i>Heliotropium bacciferum</i> | - | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 3 |
| <i>Cornulaca monacantha</i> | 4 | - | - | 1 | - | 2 | - | - |
| Compañeras | | | | | | | | |
| <i>Cyperus conglomeratus</i> | - | - | - | - | 4 | 3 | 2 | - |
| <i>Suaeda fruticosa</i> | - | 1 | 3 | - | - | - | - | 2 |
| Otras especies: en 1, <i>Sporobolus spicatus</i> , 1; en 5, <i>Arthrocnemum macrostachyum</i> , 1; en 6, <i>Acacia arabica</i> , 1; en 6, <i>Cynomorium coccineum</i> , 1; en 8, <i>Cistanche tubulosa</i> , 1. | | | | | | | | |
| Localizaciones.- Dubai; 1: 25°00'28.0"N 55°05'45.2"E; 2: 24°59'09.2"N 55°01'03.5"E; 3: 24°59'08.8"N 55°01'04.7"E; 4: 24°59'06.9"N 55°01'02.4"E; 5: 24°59'06.2"N 55°01'01.9"E; 6: 24°59'05.4"N 55°01'01.5"E; 7: 24°59'06.7"N 55°01'04.4"E; 8: 24°59'08.3"N 55°01'05.9"E. | | | | | | | | |
| Fecha.- 1: 2/8/2017; 2,3,4,5,6,7,8: 3/11/2017. | | | | | | | | |

a)



b)

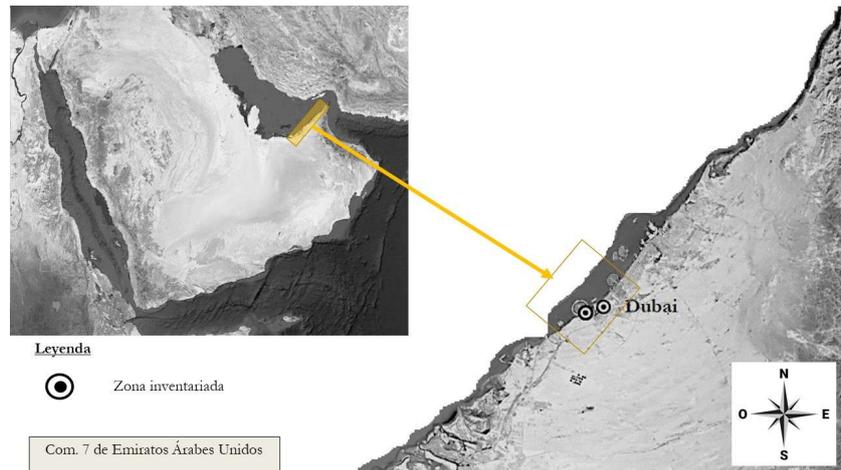


Figura 10.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 7: *Heliotropismo bacciferum* & *Cornulaca monacantha*.

Los valores de los análisis de suelos indican que la comunidad se ubica en suelos no salinos (Tabla 11). Esta información concuerda con la observación, en estas áreas, de la planta bioindicadora de la comunidad, *Cyperus conglomeratus* propia de suelos desérticos no salinos (Boer & Sargeant 1998). El contenido en materia orgánica para los suelos de este grupo es prácticamente nulo y los valores de los cationes Ca^{++} , Na^{+} , K^{+} y Mg^{++} son bajos con respecto a los valores obtenidos en las asociaciones ubicadas en primera línea del litoral costero (Tabla 12), como viene sucediendo a medida que los análisis avanzan hacia el desierto.

8.- Com. *Prosopis cinerariae*

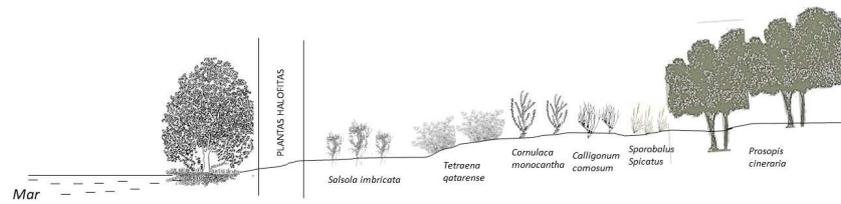
Esta comunidad tiene como especie principal del grupo: *Prosopis cinerariae* que es nativa de las regiones áridas de Asia occidental, incluyendo Afganistán, Irán, India, Omán, Paquistán, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, y Yemen. En EAU se localiza en el desierto de Um Al Quwain, Dubai y Abu Dhabi. Este árbol puede alcanzar un tamaño similar al de la *Avicennia marina* (3-5 m) siendo ambos de los de mayor altura del país.

Prosopis cinerariae crece en condiciones completamente áridas, con independencia de la pluviometría, pero su presencia es indicativa de que la capa freática le es próxima, y presenta tolerancia a las condiciones del suelo del desierto (Tabla 11, Tabla 12) con pH en torno a 9, muy alcalino y arenoso.

Tabla 8.- Com. *Prosopis cinerariae*

| | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Área m ² | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 3 | 100 | 100 | 10 | 75 | 60 | 35 |
| Características de comunidad | | | | | | | |
| <i>Prosopis cineraria</i> | - | 5 | 5 | 1 | 5 | 4 | 3 |
| <i>Salsola imbricata</i> | 1 | 3 | 3 | - | - | - | - |
| Otras especies: en 4 <i>Sporobolus iodados</i> , 2; en 6, <i>Tetraena qatarensis</i> , 2; en 7, <i>Calligonum comosum</i> , 1, <i>Cornulaca monacantha</i> , 2. | | | | | | | |
| Localizaciones.- Um al Quwain. 25°35'28.8"N 55°36'37.7"; 2, 25°32'01.2"N 55°40'49.5"E; 3, 25°35'09.3"N 55°39'06.4"E; Dubai Dessert. 4, 24°52'52.9"N 55°20'01.7"E; Abu Dhabi 5, 24°31'21.9"N 54°37'40.6"E; 6, 24°31'23.7"N 54°37'36.2"E; Um Al Quwain 7, 25°31'33.4"N 55°43'03.9"E | | | | | | | |
| Fecha. - 1, 14/10/2016; 2 y 3, 01/12/2017; 4, 03/02/2017; 5 y 6, 02/02/2017; 7, 05/04/2017. | | | | | | | |

a)



b)

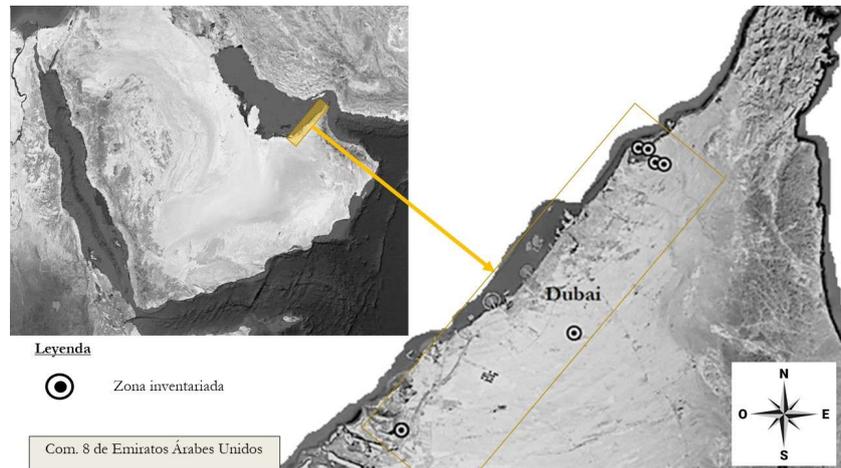


Figura 11.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 8: *Prosopis cinerariae*.

Observando las Tablas de suelos 11 y 12, el desierto que también es arenoso y de pH básico, al igual que en las zonas de manglar y saladar, presenta diferencias significativas de salinidad con respecto a las zonas del litoral/saladares, y tiene un valor de conductividad alrededor de 0 mS. Lo mismo sucede con el contenido en materia orgánica, que es prácticamente inexistente en esta zona árida.

En el desierto, las concentraciones de Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, y Cl⁻ son bajas en comparación con los valores obtenidos en el litoral costero y lo mismo sucede con el contenido en carbonato cálcico.

Comunidades derivadas del manglar y saladar de salicornias

Las comunidades de este apartado corresponden a variaciones de las asociaciones de *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970 y a la asociación *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928. Éstas tienen en común la presencia de pequeños ejemplares de *A. marina* inundados solamente durante los períodos de pleamar, alteradas probablemente por la acción del hombre, con una mayor dependencia del agua, ubicándose en las leves depresiones litorales posteriores de las primeras dunas, donde se puede acumular el agua.

La primera comunidad se asienta sobre las barreras arenosas costeras junto al mar, donde aparece la especie subhalófila *Sesuvium portulacastrum*, junto al manglar (Sakkir, S. et al. 2017), formando la comunidad de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum*, *Com. Nova* (Apartado 6 Anexo 1. A).

Sesuvium portulacastrum se trata de una especie herbácea pantropical, perenne, rastrera que crece en las extensiones arenosas próximas al mar (Lonard & Judd 1997) de los cinco continentes y en muchas islas. Es una especie pionera en la colonización de playas arenosas, en los subtrópicos y trópicos, con su hábito de crecimiento estolonífero, que contribuye a la sujeción de dunas, ubicándose en bandas paralelas a la costa. Esta planta se encuentra también en parques públicos y privados, lo que permite entender su crecimiento descontrolado además de su buena capacidad de adaptación en las costas del país.

Junto a *Sesuvium portulacastrum* y a la *Avicennia marina* crece la especie *Salicornia fruticosa*. Ésta se trata de una planta hiperhalófila de ambientes húmedos salinos costeros, de la familia de las chenopoideaceas, que es de las más abundantes del norte de la Península Arábiga.

Además, la comunidad de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum* se caracteriza por la presencia escasa e irregular de especies halófilas propias de comunidades vecinas como es el caso de la especie acompañante *Halocnemum strobiliaceum*, especie plurirregional de suelos húmedos y salinos, propia del este de Asia y de la región mediterránea.

Esta especie aparece registrada como característica de los hábitats salinos litorales costeros de los EAU (Karim & Dakheel 2006).

Otras especies que pueden encontrarse dentro de esta comunidad son la *Salsola imbricata* y la *Halopeplis perfoliata* (Tabla 9).

Tabla 9.- Comunidad de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum* (dunar).

| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Area m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 75 | 80 | 20 | 30 | 100 | 30 | 30 | 50 | 60 | 30 |
| Características de comunidad | | | | | | | | | | |
| <i>Avicennia marina</i> | - | 3 | 2 | 2 | 3 | - | 3 | 3 | 1 | 3 |
| <i>Sesuvium portulacastrum</i> | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | - | 2 | - | 4 | - |
| Compañeras | | | | | | | | | | |
| <i>Halocnemum strobilaceum</i> | - | - | 2 | - | 4 | 1 | - | 3 | - | 2 |
| Otras especies: in 1, <i>Salicornia fruticosa</i> +; <i>Salsola imbricata</i> 1; in 7, <i>Halopeplis perfoliata</i> 3. | | | | | | | | | | |
| Localizaciones.- Um al Quwain; 1: 25°34'56.5"N 55°36'37.7"E. Abu Dhabi; 2: 25°33'05.4"N 55°34'44.4"E. Um Al Q.; 3: 25°34'10.4"N 55°34'24.9"E; 4: 25°38'39.5"N 55°44'03.8"E; 5: 25°37'08.0"N 55°41'19.1"E; 6: 25°31'44.4"N 55°35'18.1"E. Ras Al Khaimah; 7: 25°46'16.0"N 55°56'30.4"E. Ajman; 8: 25°25'29.1"N 55°29'43.9"E. Abu Dhabi; 9: 24°26'51.6"N 54°36'02.7"E; 10: 24°32'45.0"N 54°28'23.7"E. | | | | | | | | | | |
| Fecha. 1: 14/10/2016; 2,3: 25/02/2017;4, 5, 6: 01/04/2017; 7, 8: 05/04/2017; 9, 10: 08/04/2017 | | | | | | | | | | |

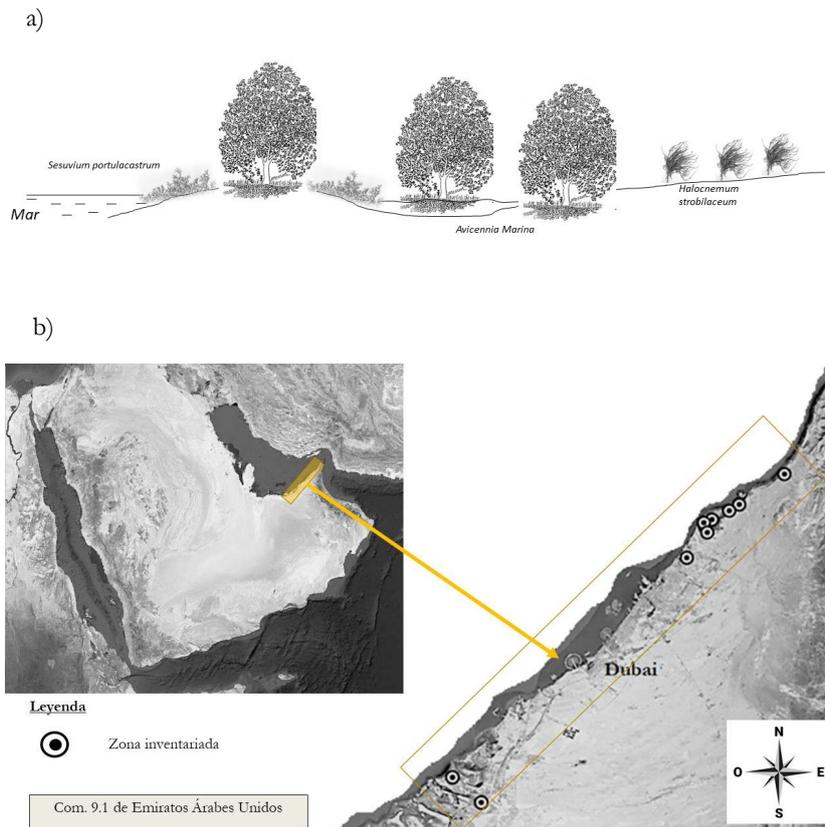


Figura 12.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 9.1: Comunidad antrópica o de ecotono de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum*.

Las características ecológicas del suelo sobre el que se encuentra esta asociación son muy similares a las de la asociación de *Avicennia marina*, *Avicennietum marinae* Chapman J. 1970 con respecto a la conductividad, aunque con menos contenido en materia orgánica, y de las concentraciones de los iones estudiados.

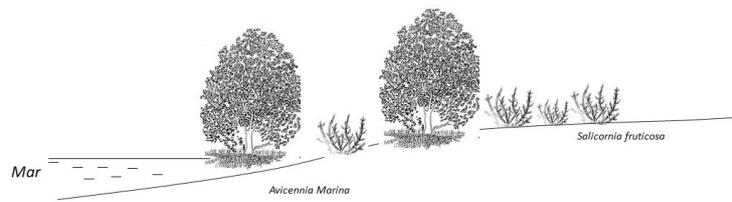
La otra comunidad es de *Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa*, *Com. Nova*. Esta unión significa que los saladares han entrado en contacto con el manglar, y se ha producido una transformación como consecuencia de los movimientos de tierra probablemente para la creación de nuevas edificaciones en la costa o carreteras. Para ambas comunidades no se

prevé una larga existencia, puesto que el medio natural va a ejercer una fuerza de tendencia hacia su estado original, siempre y cuando las afecciones antrópicas cesen o sean moderadas. Otras especies que pueden aparecer en la comunidad de *Avicennia* con *Salicornia fruticosa* (Tabla 10) son la *Suaeda fruticosa*, *Suaeda aegyptiaca*, *Halopeplis perfoliata* y *Tetraena qatarensis*.

Tabla 10.- Comunidad de *Salicornia fruticosa* con *Avicennia marina*.

| | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Inv. N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Área m ² | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Cobertura (%) | 50 | 30 | 50 | 50 | 50 | 60 | 80 | 60 |
| Características de comunidad | | | | | | | | |
| <i>Avicennia marina</i> | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| <i>Salicornia fruticosa</i> | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| Otras especies: in 4, <i>Suaeda fruticosa</i> 1; <i>Suaeda aegyptiaca</i> 2; <i>Halopeplis perfoliata</i> 1; <i>Tetraena qatarensis</i> 1. | | | | | | | | |
| Localizaciones.- Abu Dhabi; 1: 24°27'05.3"N 54°26'21.8"E; 2: 24°27'05.2"N 54°26'23.4"E; 3: 24°32'43.3"N 54°31'27.0"E; 4: 24°32'01.6"N 54°31'41.6"E ; 5:24°34'21.2"N 54°31'16.9"E ; 7: 24°15'46.2"N 54°23'51.0"E. Um Al Quwain; 6: 25°35'33.4"N 55°36'36.9"E; 8: 25°35'31.0"N 55°35'27.4"E | | | | | | | | |
| Fecha. 1,2: 10/11/2016; 3,4,5: 10/12/2016;6:10/14/2016;7: 10/2/2017; 8: 25/2/2017. | | | | | | | | |

a)



b)

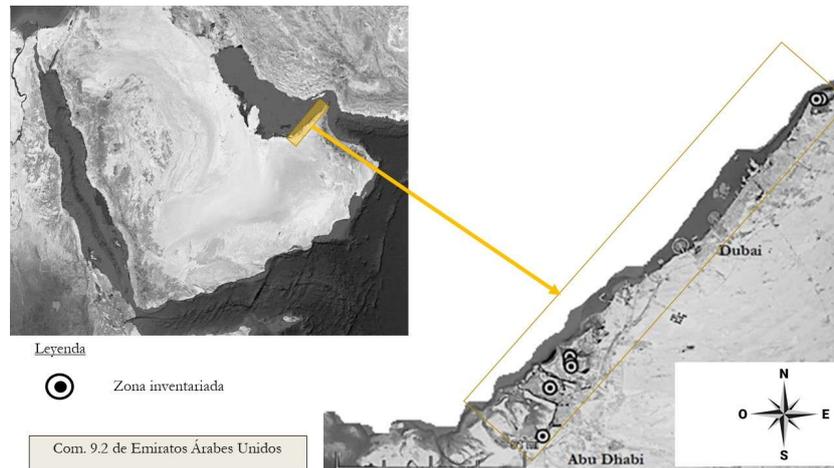


Figura 13.- a) Catena de vegetación. b) Localizaciones de los inventarios de la comunidad 9.2: *Avicennia marina* – *Salicornia fruticosa*.

En esta comunidad se caracteriza por tener un suelo con mayor concentración en sales que los suelos sobre los que se asienta la comunidad de manglar con *Sesuvium portulacastrum*.

Los suelos arenosos de la comunidad de *Avicennia marina* con *Salicornietum fruticosum* tienen mayor concentración en iones Cl⁻ y Na⁺ (Tabla 12).

Para ambas comunidades, sus suelos se caracterizan por tener un contenido elevado en carbonato cálcico como es propio de las zonas del manglar de Medio Oriente, sin embargo, otros autores hablan de la ausencia de carbonatos en las zonas donde aparece la *Avicennia* (Zahran & Al-Ansari 1999).

El contenido en humedad es más bajo en la comunidad de *Avicennia* con *Sesuvium portulacastrum* (9.1), teniendo la comunidad de *Salicornia* con *Avicennia* (9.2) un contenido similar al de la asociación de manglar natural. Un menor contenido de humedad en el suelo puede resultar que una comunidad alterada con manglar desaparezca más rápidamente.

Con respecto a los valores hídricos de las muestras recogidas en las zonas de manglar, se observa que el manglar con *Salicornia* se ve rodeado por agua mucho más salina, con mayor contenido en materia orgánica y de concentraciones de potasio y magnesio en comparación con el manglar con *Sesuvium portulacastrum* o el manglar natural.

Distribución de las asociaciones y comunidades

A continuación, se muestra un modelo de catena general a partir de las asociaciones y comunidades presentadas anteriormente, que se van a distribuir principalmente en función de la concentración salina.

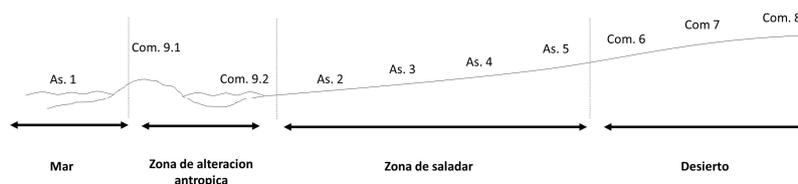


Figura 14.- Distribución relativa de las asociaciones en la costa de UAE (1) *Asoc. Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970., (2) *Asoc. Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, (3) *Asoc. Arthrocnemo machostachi- Halocnemum strobiliaci* *Associatio nova*, (4) *Asoc. Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958. (5) *Asoc. Tetraenetum qatensis* *Associatio nova* (6) *Com. Calotropis procera* (7) *Com. Heliotropium bacciferum* & *Cornulaca monacantha* (8) *Com. Prosopis cineraria*. (9.1) *Com. Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum* y la (9.2) *Com. Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa*.

ESQUEMA SINTAXONÓMICO

- Cl. *Rbizophoro- Avicennieta germinantis* Borhidi & Del Risco
Ord. *Avicennietalia* Cuatrecasas 1958
Al. *Avicennion orientalis* Chapman J. 1970
Asoc. 1 *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970

- Cl. *Salicornieta fruticosae* Br. Bl. & Tx 1943 (*Arthrocnemetea*)
Ord. *Salicornetalia fruticosi* Br. Bl. 1931
Al. *Arthrocnemion fruticosi* Br.-Bl. 1931
Sub Al. *Salicornienion fruticosi* Br. Bl. 1931,
Asoc. 2 *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928
Sub Al. *Arthrocnemion machrostachi (glauci)* Br. Bl. 1928
**Asoc. 3 *Arthrocnemo machrostachi-
Halocnemetum strobiliaci* Associatio nova**
Sub Al. *Suaedenion verae* Rivas Martinez & al. 1990
**Asoc. 4 *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O.
Bolós & Molinier 1958**

- Ord. *Salsolo- Nitriarietalia* P. Quézel 1965
Al. *Limonastreto-Zigophyllyllion* P. Quézel 1965
Asoc. 5 *Tetraenetum qatarensis. Associatio nova*

- Cl. *Panico turgidi Acacietea raddiana* Costa, M. & al. 2016. (*Pergulario-
Pulicarietea* P. Quézel 1965)
Ord. *Panico turgidi Acacietalia raddiana* Costa, M. & al. 2016
Al. *Panico turgidi Maerion crassifoliae* Costa, M. & al. 2016
**Comunidad 6 de *Calotropis procera*
Comunidad 7 de *Heliotropium bacciferum &
Cornulaca monacantha*
Comunidad 8 de *Prosopis cinerea***

- **9a. Comunidad *Avicennia marina - Sesuvium
portulacastrum*
9b. Comunidad *Avicennia marina - Salicornia
fruticosa***

3.3. Ecología de las comunidades

En este apartado se muestran los datos de suelos para las asociaciones y comunidades estudiadas (Tabla 11 y Tabla 12) y de las aguas junto al manglar tanto natural como alterado (Tabla 13 y Tabla 14).

Para los análisis del suelo se aportaron entre 2 y 7 muestras por grupo de vegetación y se hicieron 3 repeticiones para cada parámetro.

Para los análisis de agua se tomaron entre 1 y 6 muestras por grupo de vegetación con tres repeticiones para cada parámetro.

Posteriormente se evaluó la normalidad de los datos mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI para proceder posteriormente al análisis de la varianza (ANOVA).

Finalmente se muestra el análisis canónico de componentes para las asociaciones y las comunidades (Figura 15).

| Assoc. /Com. | Salinidad (ppt) | | | pH | | | MO (%) | | | Arena (%) | | | Arcilla y Limo (%) | | |
|--|-----------------|------------|----|-----------|------------|---|-----------|------------|---|-----------|------------|---|--------------------|------------|---|
| | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * |
| Assoc. 1: <i>Avicennietum marinae</i> | 7,10 | 2,55 | b | 8,5 | 0,61 | a | 9,80 | 4,76 | b | 95,61 | 3,38 | a | 4,39 | 3,38 | a |
| Assoc. 2: <i>Salicornietum fruticosi</i> | 7,75 | 1,48 | b | 8,4 | 0,21 | a | 3,25 | 3,18 | a | 97,89 | 2,81 | a | 2,11 | 2,81 | a |
| Asoc. 3: <i>Arthrocnemo machostachi-Halocnematum strobiliaci</i> | 3,80 | 4,47 | ab | 8,4 | 0,67 | a | 4,67 | 2,08 | a | 97,46 | 2,68 | a | 2,54 | 2,68 | a |
| Assoc. 4: <i>Suaedetum verae (fruticosae)</i> | 5,57 | 4,71 | b | 8,7 | 0,58 | a | 2,83 | 3,01 | a | 98,13 | 2,68 | a | 1,87 | 2,68 | a |
| Assoc. 5: <i>Tetraenetum qatarensis</i> | 0,47 | 0,47 | ab | 8,2 | 0,58 | a | 2,33 | 0,58 | a | 98,58 | 0,40 | a | 1,42 | 0,40 | a |
| Comm. 6: <i>Calotropis procera</i> | 6,15 | 5,02 | b | 8,3 | 0,85 | a | 2,50 | 0,71 | a | 99,11 | 0,57 | a | 0,89 | 0,57 | a |
| Comm. 7: <i>Heliotropium bacciferum & Cornulaca monacantha</i> | 0,10 | 0,00 | a | 9,5 | 0,00 | a | 0,83 | 0,29 | a | 97,07 | 0,24 | a | 2,93 | 0,24 | a |
| Comm. 9.1: <i>Avicennio- Sesuvietum portulacastri nova</i> | 4,21 | 2,34 | ab | 8,5 | 1,08 | a | 3,14 | 1,07 | a | 98,22 | 1,71 | a | 1,78 | 1,71 | a |
| Comm. 9.2: <i>Avicennio- Salicornietum fruticosi nova</i> | 5,80 | 0,00 | ab | 8,0 | 0,00 | a | 1,00 | 0,00 | a | 99,04 | 0,00 | a | 0,96 | 0,00 | a |

Tabla 11.- Características físico-químicas de los suelos y valores diferenciales entre las asociaciones y comunidades (*). ANOVA. (Parte 1: salinidad ppt , pH, MO= Materia orgánica %, % de Arena, % de Arcilla- Limo).

| Assoc. / Com. | Alkal (mg CaCO ₃ /L) | | | Na (mg/kg) | | | K (mg/kg) | | | Mg (mg/kg) | | | Ca (mg/kg) | | | Cl (mg/kg) | | | Hum (%) | | |
|--|---------------------------------|-----------|----|------------|-----------|-----|-----------|-----------|---|------------|-----------|---|------------|-----------|---|------------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|
| | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * | \bar{X} | Std. dev. | * |
| Assoc. 1: <i>Avicennium marinae</i> | 95,86 | 36,07 | b | 4487,8 | 1811,52 | c | 137,56 | 66,14 | b | 739,98 | 343,96 | b | 245,44 | 106,88 | a | 30229,80 | 5828,47 | c | 31,20 | 15,55 | c |
| Assoc. 2: <i>Salicornium fruticosi</i> | 86,23 | 17,06 | ab | 3173,4 | 1662,28 | bc | 49,92 | 38,26 | a | 271,94 | 27,93 | a | 276,09 | 236,69 | a | 21113,40 | 2874,82 | bc | 11,75 | 1,06 | ab |
| Assoc. 3: <i>Arthrocnemum machostachyi- Halocnemum strobilicci</i> | 91,06 | 30,58 | b | 1348,0 | 1922,85 | ab | 40,21 | 56,18 | a | 241,86 | 328,66 | a | 130,46 | 127,56 | a | 10840,20 | 9733,10 | ab | 10,00 | 6,08 | ab |
| Assoc. 4: <i>Suaeda verae (fruticosa)</i> | 79,81 | 16,67 | ab | 1350,9 | 2050,14 | ab | 33,91 | 57,35 | a | 146,90 | 130,29 | a | 298,77 | 251,64 | a | 12062,70 | 12669,10 | ab | 7,83 | 5,80 | ab |
| Assoc. 5: <i>Tetraenium qatariensis</i> | 87,30 | 28,64 | b | 75,9 | 128,77 | a | 14,04 | 24,32 | a | 48,52 | 84,03 | a | 208,16 | 213,34 | a | 3192,20 | 5374,34 | a | 1,00 | 0,00 | a |
| Comm. 6: <i>Calotropis procera</i> | 58,07 | 4,24 | ab | 1015,5 | 922,13 | ab | 23,79 | 21,81 | a | 80,47 | 66,04 | a | 256,89 | 295,03 | a | 10905,50 | 6332,59 | ab | 0,50 | 0,71 | ab |
| Comm. 7: <i>Heliotropium bacciferum</i> | 17,26 | 9,09 | a | 0,0 | 0,00 | a | 0,04 | 0,08 | a | 0,98 | 0,85 | a | 1,66 | 0,06 | a | 0,22 | 0,38 | a | 1,00 | 0,87 | a |
| Comm. 9.1: <i>Seavium- portulacastris</i> | 117,82 | 58,79 | b | 1272,8 | 744,26 | ab | 39,93 | 24,08 | a | 181,03 | 134,27 | a | 220,06 | 347,34 | a | 19095,10 | 8791,10 | b | 15,29 | 10,31 | b |
| Comm. 9.2: <i>Avicennio-Salicornium fruticosi</i> | 93,76 | 0,00 | ab | 1534,5 | 0,00 | abc | 12,21 | 0,00 | a | 154,00 | 0,00 | a | 31,82 | 0,00 | a | 14982,20 | 0,00 | abc | 21,00 | 0,00 | abc |

Tabla 12.- Características fisicoquímicas de los suelos y valores diferenciales entre las asociaciones y comunidades (*). ANOVA. (Parte 2: Alkal= Alcalinidad, Concentraciones de Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio, Cloro y Contenido en agua).

| Asoc. /Com. | Salinidad (ppt) | | | pH | | | MO (%) | | | Total Solidos (%) | | |
|--|-----------------|------------|---|-----------|------------|---|-----------|------------|---|-------------------|------------|----|
| | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * | \bar{X} | Desv. Std. | * |
| Asoc. 1: <i>Avicennietum marinae</i> | 9,1 | 0 | a | 8,5 | 0 | a | 0,01 | 0 | a | 6 | 0 | a |
| Com. 9.1: <i>Avicennio- Sesuvietum portulacastris nova</i> | 9,05 | 0,21 | a | 8,3 | 0,48 | a | 0,01 | 0 | a | 17 | 0 | ab |
| Com. 9.2: <i>Avicennio- Salicornietum fruticosi nova</i> | 42,9 | 0 | c | 8 | 0 | a | 0,02 | 0 | b | 13 | 0 | ab |

Tabla 13.- Características hídricas del agua del manglar (Parte 1: Salinidad, pH, % Materia orgánica, Total de solidos disueltos). ANOVA. (*) Valores diferenciales.

| Asoc. /Com. | Na (mg/L) | | | K (mg/L) | | | Mg (mg/L) | | | Ca (mg/L) | | |
|--|-----------|------------|---|-----------|------------|---|-----------|------------|---|-----------|------------|----|
| | \bar{X} | Desv. Std. | * |
| Asoc. 1: <i>Avicennietum marinae</i> | 5259,58 | 0 | a | 177,6 | 0 | a | 15,68 | 0 | a | 811,98 | 0 | b |
| Com. 9.1: <i>Avicennio- Sesuvietum portulacastris nova</i> | 9383,5 | 4168,74 | a | 319,85 | 54,1 | a | 15,82 | 0,26 | a | 504,82 | 56 | a |
| Com. 9.2: <i>Avicennio- Salicornietum fruticosi nova</i> | 14078,6 | 0 | a | 716,43 | 0 | b | 64,8 | 0 | c | 564,46 | 0 | ab |

Tabla 14.- Características hídricas del agua del manglar (Parte 2: concentraciones de Sodio, Potasio, Magnesio y Calcio). ANOVA. (*) Valores diferenciales.

Análisis Canónico de Componentes

El análisis ACC muestra la distribución de las asociaciones y comunidades en relación a factores ecológicos (Figura 15). En el primer eje están ligados a él las variables como la salinidad, contenido en materia orgánica y los cationes del suelo estudiados. El primer factor proporciona mucha información y remarca la influencia de la salinidad en la distribución de las asociaciones. En el gráfico se observa como la *Avicennia marina* (Asoc. 1 *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970, Comunidad *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum* y la Comunidad *Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa*) está ligada al F1 de forma positiva, con altos niveles de salinidad/ conductividad, alta alcalinidad/pH y altas concentraciones de cationes. Los grupos de vegetación de la Asoc. 2 *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, Asoc. 4 *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958, y la comunidad 6 de *Calotropis procera*, están ligados negativamente al F1, y por lo tanto van a aparecer en condiciones contrarias a las de la *Avicennia*. La asociación de *Halocnemum* con *Arthrocnemum* aparece en condiciones intermedias, y la comunidad de *Heliotropium* y *Prosopis* (7 y 8) están en el tercer cuadrante mostrando una respuesta negativa ante los ejes.

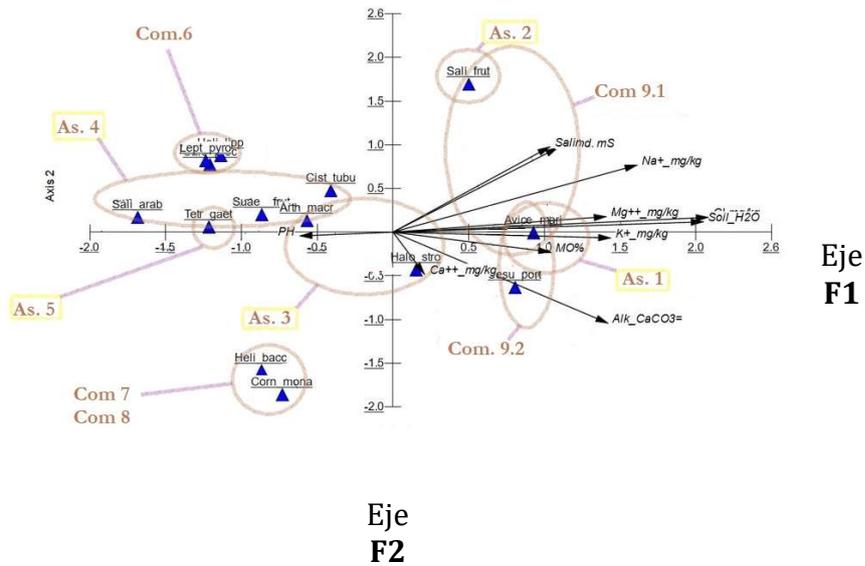


Figura 15. Relación entre el manglar y la vegetación halófila con las principales variables edáficas de acuerdo con el ACC (Asoc. 1= *Avicennietum marinae* Chapman, J. 1970, Asoc. 2= *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928, Asoc. 3= *Arthrocnemo machostachi- Halocnemum strobiliaceum* nova, Asoc. 4= *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958, Asoc. 5= *Tetraenetum qatarensis. Associatio nova*, Com. 6 de *Calotropis procera*, Com. 7= de *Heliotropium bacciferum & Cornulaca monacantha*, Com. 8= de *Prosopis cineraria*, Com. 9.1.= de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum*, Com. 9.2= de *Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa*.

Discusión de resultados

En la zona estudiada se han distinguido determinadas asociaciones vegetales en torno a la costa del Golfo Árabe, formadas por especies halófitas e hiperhalófitas.

En primer lugar, junto al mar o en el mar, se pueden observar zonas forestales, en forma de islas verdes de la asociación del manglar nativo *Avicennietum marinae* Chapman J. 1970. Estas asociaciones también se encuentran en las entradas del mar en la Península, como citan también otros autores (Reimold & Queen 1974; Abbas & El-Oqlah 1992), en los que el agua del mar queda atrapada, dando lugar a un lago salado, o en *wadis*, cauces de desiertos que permanecen secos salvo en los escasos períodos de lluvia.

A continuación, le suceden de forma paralela, las asociaciones propias de saladar, en zonas periódicamente inundadas.

Tras el manglar, aparece la asociación *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928 (Bolòs i Capdevila 1996), y le sucede la asociación *Arthrocnemum machostachium-Halocnemum strobiliaceum* nova, citada en otro estudio para este territorio (Karim & Dakheel 2006) en zonas inundables e intermareales muy salinas.

Sobre ligeras elevaciones de dunas postlitorales, se ubican la asociación de saladar *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolòs & Molinier 1958 (Karim & Dakheel 2006; Frey & Kürschner 1983).

También, dentro de las áreas de saladar, pero en zonas más alejadas del litoral, aparece la asociación *Tetraenetum qatarensis* Asoc. nova hoc loco, sobre terrenos menos húmedos e interdunales arenosos, como también se señala en otros trabajos realizados en EAU y en un país próximo al mismo, Bahrein (Sakkir et al. 2017; Abbas & El-Oqlah 1992).

A continuación de los saladares, aparece una zona de transición con características ecológicas del suelo similares a las del desierto, donde se han identificado las siguientes comunidades de plantas: *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton, cuya especie principal ha sido mencionada por otro autor para la citada área, objeto de estudio (Karim & Dakheel 2006), la comunidad de *Heliotropium bacciferum & Cornulaca*

monacantha, ambas de distribución Saharo-sindica (Akhani & Ghorbanli 1993) y las comunidades de *Prosopis cineraria*.

Por otra parte, se han encontrado dos comunidades secundarias o antrópicas nuevas, que no han tenido una evolución natural y en las que aparece el manglar. De un lado, se encuentra la comunidad de *Avicennia marina* con una planta rastrera muy bien adaptada, denominada *Sesuvium portulacastrum* (comunidad antrópica ***Avicennio Sesuvietum-portulacastri nova***). Por otro lado, habría que hablar de la comunidad de *Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa* (comunidad antrópica ***Avicennio-Salicornietum fruticosi nova***), en los entornos donde probablemente se ha dado una mezcla de tierras como consecuencia de acciones antrópicas (Sakkir et al. 2017), transformándose el suelo del saladar en un suelo que también contiene al manglar. No obstante cabría la posibilidad de considerar que la citada comunidad pudiera desaparecer con el paso del tiempo.

Desde el punto de vista de las condiciones ecológicas del litoral de EAU se han determinado los valores fisicoquímicos del suelo (El-Keblawy & Ksiksi 2005; El-Keblawy et al. 2015) y del agua que indican la distribución de las asociaciones en el país. Este estudio muestra que todas las asociaciones se encuentran en suelos arenosos con pH similares, muy altos (en torno a 8,5).

En relación a lo indicado en el párrafo anterior, hay que tener en cuenta así mismo la salinidad, factor que principalmente distribuye las asociaciones en el litoral de EAU (Sakkir et al. 2017). Por lo general, todos los suelos son muy salinos como también informan otros autores (Khan, M. et al., 2006a), con valores de entre 5,80 a 7,75 ppt, pero en los manglares naturales (Asoc. ***Avicennietum marinae Chapman J. 1970***) (El-Khouly & Khedr 2007) y en los suelos de la asociación con la especie principal *Salicornia fruticosa* (Asoc. ***Salicornietum fruticosi Br. Bl. 1928***) se alcanzan valores significativamente más altos en comparación con el resto de las asociaciones, 7,10 y 7,85 ppt. respectivamente, y por lo tanto, también tienen contenidos superiores en iones Na⁺ y Cl⁻ en el suelo.

Siguiendo con el análisis de los factores ecológicos, con respecto al contenido en materia orgánica, se encuentra una polaridad en cuanto a que el manglar posee unos niveles porcentuales significativamente elevados (Hossain & Nuruddin 2016) mientras que en el desierto el contenido es prácticamente nulo en las muestras del suelo analizadas. La materia orgánica se ve favorecida por la humedad retenida en el suelo, y

para el caso de la Asoc. *Avicennietum marinae* Chapman J. 1970 presenta un valor medio significativamente alto.

En el manglar los iones de K^+ y Mg^{++} son significativamente superiores (Yasseen & Abu-Al-Basal 2008), y los valores diferenciales de alcalinidad son altos con respecto al resto.

Si observamos los resultados de todos los parámetros ecológicos estudiados, los valores van descendiendo a medida que se avanza hacia el interior o desierto, de ahí que las asociaciones se distribuyan de manera secuencial.

Y por último, con respecto a las muestras de agua junto al manglar también se obtienen altas salinidades, elevados niveles de materia orgánica y altas concentraciones de Ca^{++} de forma significativa para el hábitat del manglar.

4

Conclusiones

4. Conclusiones

En primer lugar, cabe destacar que en el área estudiada se confirma la presencia de manglar monoespecífico, *Avicennia marina* en baja densidad, disperso y de forma discontinua a lo largo del litoral costero de EAU, al igual que en otras zonas áridas subtropicales de Medio Oriente.

El manglar de *Avicennia marina* se encuentra formando la asociación de ***Avicennietum marinae* Chapman J. 1970**, y se observa relativamente bien conservado.

Este estudio está en consonancia con estudios de las áreas de manglar de los países colindantes, como por ejemplo con los de las costas del Mar Rojo y presenta similitudes con estudios de la vegetación litoral costera del Oeste de la India y del Este Central Africano, probablemente por la dispersión de las semillas a través del Océano Índico.

Al igual que en otras zonas del Mar Rojo, en el litoral del Mar Árabe, junto al manglar, aparece vegetación arbustiva halófila e hiperhalófila, donde se observan *Salicornias*, *Salsolas*, *Arthrocnemum macrostachi*, *Halocnemum strobilaceum*, *Suaedas*, *Tetraenas* entre otras, en asociaciones propias de saladar, que se van alternando hasta llegar al desierto (**Asoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928**, **Asoc. *Arthrocnemum macrostachi- Halocnemum strobiliaci* *Associatio nova***, **Asoc. *Suaedetum verae (fruticosae)* Br. Bl. ex O. Bolós & Molinier 1958** y **Asoc. *Tetraenetum qatarensis* *Associatio nova***. En las proximidades del desierto aparecen paisajes de plantas como: *Calotropis*, *Heliotropium bacciferum*, *Leptadenia pyrotechnica* con *Cornulacas monocanthas* y árboles singulares del territorio como *Prosopis cineraria*, formando las comunidades dunares de transición al desierto.

Se ha observado que debido a los factores antrópicos aparecen dos comunidades nuevas de manglar, la **comunidad de *Avicennia marina* con *Sesuvium portulacastrum*** y la de ***Avicennia marina* con *Salicornia fruticosa***.

Tras la investigación realizada, desde el punto de vista de la ecología del litoral de EAU, las asociaciones se distribuyen en el territorio principalmente por los valores de salinidad, de las concentraciones de los iones y de carbonato cálcico. Las asociaciones de ***Avicennietum marinae***

Chapman J. 1970 y la **Asoc. *Salicornietum fruticosi* Br. Bl. 1928** se desarrollan en ambientes de elevada salinidad/conductividad, con altas concentraciones de los iones Na⁺ y Cl⁻. Los suelos con mayor contenido en carbonato cálcico se dan en las asociaciones ***Avicennietum marinae* Chapman J. 1970**, ***Arthrocnemum macrostachi- Halocnemum strobiliaci* Associatio nova**, y **Asoc. *Tetraenetum qatarensis* Associatio nova** (Asoc.4). En cuanto al contenido en materia orgánica, en humedad y en iones K⁺ y Mg⁺⁺ en el suelo, solamente la ***Avicennietum marinae* Chapman J. 1970** posee los niveles más elevados. Los valores de suelos para el manglar están acordes con los valores de sus aguas.

Lo expuesto anteriormente permite concluir que, tras la aparición de asociaciones nuevas, es recomendable seguir con este tipo de análisis de forma periódica. También se propone realizar más muestreos en las áreas del interior de EAU, como en *wadis* y montañas, e incluso en otros países de Medio Oriente, para obtener una visión fitosociológica completa de esta región.

5

Bibliografía

5. Bibliografia

- Abbas, J.; El-Oqlah A. 1992. Distribution and communities of halophytic plants in Bahrain. *J Arid Environ* 22: 205-218.
- Akhani, H.; Ghorbanli, M. 1993. A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran. Towards the rational use of high salinity tolerant plants (I): 35-44.
- Alam, H.; Khan Khattak, J.Z.; Thru Ppoyil, S. B.; Kurup, S.; Ksiksi, T.S. 2017. Landscaping with native plants in the UAE: A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture* vol. 29(10):729-741.
- Al-Habshi, T.; Youssef, M.; Aizpuru, M.; Blasco, F. 2007. New mangrove ecosystem data along the UAE coast using remote sensing. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10: 309-319.
- Allen, S. E., Grimshaw, H. M. y Rowland, A. P. 1986. Chemical Analysis. En *Methods in plant ecology* (eds. More, P. D. y Chapman, S. B.), pp. 285-345, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Ali, H. 1994. Wind regime of the Arabian Gulf. In: El-Baz, F. and Makharita, R. M. (Eds.) *The Gulf War and the environment*, Gordon and Breach Science Publishers, Switzerland.
- Almahasheer, H. 2017. Spatial coverage of mangrove communities in the Arabian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2).
- Alshammary, S. 2007. Some potential plants of coastal and inland salt affected soils and their relation to soil properties. *Asian Journal of Plant Sciences* 6 (5): 821-826.
- Al-Taisad, W. A. 2016. The effect of soil properties on characteristics of *halopeplis perfoliata* community in the coastal environment in Eastern Saudi Arabia, *Fresenius Environmental Bulletin* 25 (12a): 5819-5829.

- Ball, M. 1988. Salinity tolerance in the mangroves *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina*. I. Water use in relation to growth, carbon partitioning, and salt balance. *Functional Plant Biology*, 15, 447-464.
- Barry, J. 1973. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Naturalia monspeliensia*, sér. Bot. Fasc. 23-24.
- Batanouny, K. 1994. Halophytes and halophytic plant communities in the Arab region. In: Squires V.R., Ayoub A.T. (eds) *Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands. Tasks for vegetation science*, Vol 32. Springer, Dordrecht.
- Boer, B. 1996. Plants as soil indicators along the Saudi coast of the Arabian Gulf. *Journal of arid environments*. Vol. 33, 417-423.
- Boer, B.; Al Ansari, F. 1999. The vegetation and flora of the United Arab Emirates a review. In: proceedings of the workshop on the Flora of Arabian Peninsula (Eds. A. H. Abuzinada, E. Joubert), NCWCD and IUCN, Riyadh, pp. 63.
- Boer, B.; Sargeant, D. 1998. Desert perennials as plant and soil indicators in Eastern Arabia. *Plant and soil* 199 (2): 261-266.
- Boer, B.; Al-Ansari, F. 1999. The vegetation and flora of the United Arab Emirates. A review. – UAE Country Report, Proceedings of the APSG workshop with IUCN & NCWCD in Riyadh (in press).
- Boer, B.; Barth, H.; Osman, O. 2002. Sabkhat and halophytes in the Horn of Africa (Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Somalia, Sudan). Barth and Boer (eds.). *Sabkha ecosystems*. 147-159.
- Boer, B.; Saenger, P. 2006. *Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia. The biogeography of the coastal vegetation of the Abu Dhabi gulf Coast. Sabkha ecosystems, Task for vegetation*. Springer. Vol. 42: 31-36.
- Bolanka, T.; Cerjan-Stefanovich, S. 2007. Optimization Strategies in Ion Chromatography. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, Vol. 30: 5-7.

- Bonnier, G.; Laynes, G. 1997. Claves determinacion plantas vasculares (botanica). OMEGA.
- Bouyoucos G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron J.* 54:464-465.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Edición en español de *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Ed. Blume, Madrid, 1979.
- Braun-Blanquet, J. 1969. Reinhold Tüxen, *Meister-Pflanzensoziologe*. *Vegetatio* 17: 1-25.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones, Madrid.
- Cano, A.; Musarella, C.; Pinar-Fuentes, J.; Pinto-Gomes, C.; Del Rio-Gonzalez, S. 2018. Diversity and conservation status of mangrove communities in two areas of Mesocaribea biogeographic region. *Current Science* Vol.115(3): 534-540.
- Collins, S. 1906. Determination of carbonate. *J. Sci. Chem. Ind.* 25, 518-522.
- Chapman, V.; Ronaldson, J.W. 1958. The mangrove and Salt Marsh flats of the Auckland Isthmus. *Bull.* 125, D.S.I.R., New Zeland.
- Chapman, V. 1969. Mangrove phytosociology. *Cranbook Institute of Science*, Bloofield Hills, Michigan, U.S.A.
- Chapman, V. 1970. Mangrove phytosociology. *Tropical Ecology*. Vol. 11(i): 1-19.
- Chapman, V.J. 1976. Mangrove vegetation. *J. Crammer*, Vaduz, pp. 195-447.
- Costa, M.; Santos A.; Llorens, Ll.; Soriano, P.; Boira, H. 2016. Plant biodiversity, phytosociology, and latitudinal ranges in Sahara meridional and Sahelian regions. *International Journal of Geobotanical Research*, Vol. 6: 37-55.

- Cuasquer, E.; Salvatierra, D.; Jiménez E.; Boira, H. 2016. La vegetación del humedal “Abrás de mantequilla”. Composición florística. Bases para su restauración. *Ciencia Y Tecnología*, 9 (1): 17-30.
- Deil, U. 2000. Halophytic vegetation along the Arabian coast azonal or linked to climatic zones? *Halophytic vegetat. Phytocoenologia*. 30 (3-4): 591-611.
- De Sanctis, M.; Adeeb, A.; Farcomeni, A.; Patriarca, C.; Saed, A.; Attorre, F. 2013. *Applied Vegetation Science* 16: 148-165.
- Devi, V.; Pathak, B. 2016. Ecological studies of mangroves species in Gulf of Khambhat, Gujarat. *Tropical Plant Research*. 3: 536-542.
- Duke, N. 1992. Mangrove Floristics and Biogeography. *Tropical mangrove ecosystems*. Edited by A. I. Robertson and D. M. Alongi. American Geophysical Union, Washington, D.C., United States, pp 63-100.
- El-Ghonemy, A. 1993. *Encyclopedia of Medicinal Plants of the United Arab Emirates*. UAE University Publications. Al Ain, UAE.
- El-Keblawy, A.; Ksiksi, T. 2005. Artificial forests as conservation sites for the native flora of the UAE. *Forest ecology and management* 213 (1-3), 288-296.
- El-Keblawy, A.; Abdelfattah, M.; Khedr, A. 2015. Relationships between landforms, soil characteristics and dominant xerophytes in the hyper-arid northern United Arab Emirates. *Journal of arid environments* 117: 28-36.
- El-Keblawy, A. 2017. Light and temperature requirements during germination of potential perennial grasses for rehabilitation of degraded sandy Arabian Deserts. *Land Degradation and Development*, 28 (5): 1687-1695.
- El-Khouly, A.; Khedr, A. 2007. Zonation Pattern of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronate* along the Red Sea Coast, Egypt. *World Applied Sciences Journal* 2 (4): 283-288.

- Embabi, N. 1993. Environmental aspects of geographical distribution of mangrove in the United Arab Emirates. In: Towards the rational use of high salinity tolerant plants, edited by: H. Leith and A. Al-Massom, 1:45-58.
- Freitag, H. 1991. The distribution of some prominent Chenopodiaceae in SW Asia and their phytogeographical significance, *Flora et Vegetatio Mundi* IX: 281-292.
- Frey, W.; Kürschner, H. 1983. Photosyntheseweg und Zonierung von Halophyten an Salzeen in der Türkei, in Jordanien und im Iran. *Flora* 173: 293-310.
- Ghazanfar, S.; Fisher, M.; Membery, D. 1998. Vegetation of the Arabian Peninsula. London: Kluwer, 88-192.
- Ghazanfar, S. 1999. Coastal vegetation of Oman. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49 (Supplement A), 21-27.
- Hegazy, A. 1998. Perspectives on survival, phenology, litter fall and decomposition, and caloric content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf region. *Journal of Arid Environments* Vol 40 (4): 417-429.
- Hegazy, A.; Lovett-Doust, J. 2016. *Plant Ecology in the Middle East*. Oxford University Press.
- Hossain, M.; Nuruddin, A. 2016. Soil and Mangrove: A Review. *Journal of Environmental Science and Technology* Volume 9 (2): 198-207.
- Howari, F.; Jordan, B.R.; Bouchouche, N.; Wyllie-Echeverria, S. 2009. Field and remote sensing assessment of mangrove forests and seagrass beds in the northwest part of the United Arab Emirates. *Journal of Coastal Research*, 25 (1): 48-56.
- Jongbloed, M. 2003. *The comprehensive guide to the wild flowers of The United Arab Emirates*. Environmental Research and Wildlife Development Agency.
- Karim, F. 2002. *Wild flowering plants of the UAE*. Environmental Research and Wildlife Development Agency, Abu Dhabi, UAE.

- Karim, F.; Dakheel, A. 2006. Salt-tolerant Plants of the United Arab Emirates. International Center for Biosaline Agriculture (ICBA). Dubai, UAE.
- Kathiresan, K.; Bingham, B. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81- 251.
- Khan, M.; Böer, B.; Kust, G.S.; Barth, H. 2006a. *Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia.*
- Khan, M; Qaiser, M. 2006b. Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. In: Khan M.A., Böer B., Kust G.S., Barth HJ. (eds) *Sabkha Ecosystems. Tasks for Vegetation Science*, vol 42. Springer, Dordrecht.
- Konig, P.; Fried, O. 2015. Plant communities on the NE coast of Oman and their site conditions. *Phytocoenologia* 45 (3): 269-290.
- Kovacs computer, 2012.
- Lonard, R.; Judd, F. 1997. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands. *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. *Journal of Coastal Research*, 13(1),96-104. Fort Lauderdale (Florida), ISSN 0749-0208.
- Loughland, R.; Saenger, P; Luker, G.; Siddiqui, K; Saji, B.; Belt, M.; Crawford, K. 2007. Changes in the coastal zone of Abu Dhabi determined using satellite images (1972-2003). *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 10 (3): 301-308.
- Mehrabian, A.; Naqinezhad, A.; Salman Mahiny, A.; Mostafavi, H.; Liaghati, H.; Kouchekezadeh, M. 2009. Vegetation Mapping of the Mond Protected Area of Bushehr Province (South-west Iran). *Journal of Integrative Plant Biology* 51(3): 251-260.
- Miyawaki, A.; Suzuki, K.; Suzuki, S.; Nakamura, Y. 1982. *Phytosociological Studies of Mangrove Vegetation in Japan. 1. Mangrove Vegetation in Iriomote Island.* *Bull. Inst. Envir. Sci. Techn. Yokohama Natn. Univ.* 9: 77-89.
- MVSP. 2012. *A Multivariate Statistical Package, Version 3.1.* Pentraeth, UK: Kovach Computing Services.

- Odum, E.; Warrett, G. 2006. "Fundamentos de Ecología" 5ª edición., Ed. Thompson.
- OMDB, 2016. Meteorological Station of Dubai.
- Bolòs i Capdevila, O. 1996. La vegetació de les illes Balears, comunitats de plantes. Institut d'Estudis Catalans.
- Paul, T. 2012. A synopsis of the Family Chenopodiaceae in India. *Pleione* 6(2): 273 - 297.
- Pc-Ord V. 6. 2011. MjM Software Design. Oregon. USA.
- Radojevic, M.; Bashkin V. 2006. Practical Environment Analysis. RSC. Publishing second Edition. Cambridge.
- Raunkiær, C. 1937. Life-form, genus area, and number of species. *Botaniske Studier*, 5. hæfte (ed C. Raunkiær), pp. 343-356. J.H. Schultz Forlag, København.
- Reimold, J.; Queen, W. 1974. Ecology of halophytes. Academic Press Inc. New York and London.
- Rivas-Martinez, S. 2008. Worldwide Bioclimatic Classification System. Phytosociological Research Center, Spain.
- Sadooni, F.; El-Kassas, I. 1999. Mangrove as a bioindicator for environmental pollution in the coastal marine environments-review. *Qatar Univ. Sci. J.*
- Saenger, P.; Hegerl, E.; Davie, J. D. 1983. Global status of mangrove ecosystems. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Sakkir, S.; Shah, J.; Soorae, P.; Al Mehairbi, M.; Al Dhaheri, S. 2017. Floristic composition of arid off-shore islands in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *J. Coast Conserv* 21:189-195.
- Sale, P.; Feary, D.A.; Burt, J.A.; Bauman, A.G.; Cavalcante, G.H., Drouillard, K.H., Kjerfve, B., Marquis, E.; Trick, C.G.; Usseglio, P.; Van Lavieren, H. 2011. The Growing Need for Sustainable Ecological Management of Marine Communities of the Persian Gulf. *AMBIO* 40:4-17.

- Sheded, M. 2002. Vegetation analysis in the South Eastern Part in The Southern Eastern Desert of Egypt. *Online Journal of Biological Sciences* 2 (9): 537-581.
- Soltanipoor, M. 2006. Introduction to the flora, life form and chorology of hormoz island plants, s. Iran. *Rostaniha*, 7 (1): 19-34.
- Spalding, M.; Blasco, F.; Field, C. 1997. *World Mangrove Atlas*. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan. 178 pp.
- Spalding, M; Kainuma, M.; Collins, L. 2010. *World Atlas of mangroves*. Earthscan. *Hum Ecol.* 39: 107–109.
- Suzuki, K.; Saenger, P. 1996. A phytosociological study of mangrove vegetation in Australia with a latitudinal comparison of East Asia. Southern Cross University ePublications@SCU. 12 de mayo del 2016.
http://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1664&context=esm_pubs
- The plant list. A working list of all plant species. 2013.
<http://www.theplantlist.org>. Date of consulted: of 9th July 2017.
- Triest, L. 2008. Molecular ecology and biogeography of mangrove trees towards conceptual insights on gene flow and barriers: a review. *Aquatic Botany* 89: 138-154.
- Twinspan. 1979. Two way indicator species analysis.
- USDA. 2017. Triangular diagram of basic textural classes of soil according to particle size, according to the USDA.
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167. Date consulted. 5th May 2017.
- Western, A. 1983. The vegetation of offshore islands in the Gulf. *Bulletin of the Emirates Natural History Group* 20:16-23.
- Western, A. 1989. *The flora of The United Arab Emirates and Introduction*. Publication of The United Arab Emirates University

- Yagoub, M.; Kolan, G. 2006. Monitoring coastal zone land use and land cover changes of Abu Dhabi using remote sensing. *Photonirvachak Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 34: 1.
- Yañez-Arancibia, A.; Lara-Domínguez, A. 1999. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México; UICN/ORMA Costa Rica; NOAA/NMFS Silver Spring MO USA. 380 p.
- Yasseen, B.; Abu-Al-Basal, M. 2008. Ecophysiology of *Limonium axillare* and *Avicennia marina* from the coastline of Arabian Gulf-Qatar. *J. Coast Conserv* 12: 35-42.
- Zahran, M.; Al-Ansari, F. M. 1999. The Ecology of Al-Samaliah Island, V.A.E. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49 (Supplement A), 11-19.

6

Anexos

6. Anexos

6.1. Figuras. El paisaje costero de UAE.

- **A) Fotografía** de las formaciones de *Avicennia marina* al fondo y *Sesuvium portulacaeca*. UAE.



- **B) Fotografía** de formaciones de *Avicennia marina* en Abu Dhabi.



- **C) Fotografía** de las formaciones de *Salicornia fruticosa* (L.) L. y *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. en Eastern Mangroves Park en Abu Dhabi.



- **D) Fotografía** de las formaciones de *Suaeda* y *Arthrocnemum* en la playa de Um Al Quwain.



- **E) Fotografía** de las formaciones de *Cornulaca monocantha* con *Suaeda* sp. y *Heliotropium. bacciferum* en Abu Dhabi.



- **F) Fotografía** de las formaciones de *Tetraena qatarense* en Jebel Ali, Dubai.



- **G) Fotografía** de las formaciones de *Calotropis procera*, *Leptadenia pyrotechnica* y de fondo se encuentra la *Prosopis*.



6.2. Inventarios florísticos

6.3. Catálogo florístico

Catálogo florístico:

NOMBRE: *Acacia arabica Willd.*

Número de la especie: 1

Familia: FABACEAE

Sinónimo: *Acacia nilotica (L.) Delile*

Nombre comun en ingles Arabia gum tree

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: Se encuentra repartida en África y Asia, y puede aparecer en Australia.

Floración: Marzo-Nov

Lugar: localmente común

Ecología: Predomina en zonas secas, arenosas y territorios de desierto con climas secos.

Foto:



NOMBRE: *Anabasis setifera* Moq.

Número de especie: 2

Familia: AMARANTHACEAE (CHENOPODIACEAE)

Sinónimo: *Seidlitzia lanigera* Post.

Biotipo: Chamaerofita

Fitogeografía: Regional.

Floración: Agosto-Dic.

Ecología: Se ubican en arena costera. Arbustos semi-esteparios, estepas arbustivas, desiertos y desiertos extremos.

Lugar: localmente común.

Foto:



NOMBRE: *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) K. Koch

Número de la especie: 3

Familia: CHENOPOIDEACEAE

Sinónimo: *A. glaucum* (Delile) Ung.-Sternb.

Biotipo: Chamaerofita

Fitogeografía:-

Floración: Sept-Dic.

Lugar: es comúnmente encontrada en las costas de EAU.

Ecología: Arena costera, justo por encima de la línea de la marea alta.

Foto:



NOMBRE: *Avicennia marina* (Forssk.) Vierb.

Número de especie: 4

Familia AVICENNIACEAE

Sinónimo: Manglares

Biotipo: Fanerófita

Fitogeografía: Se extiende a lo largo de la costa este de África, sudoeste, sur y sudeste de Asia y Australia.

Floración: Mayo-Junio

Lugar: Localmente abundante, de manera monoespecífica y se encuentra a lo largo de las costas del Golfo Árabe, en arroyos y a lo largo de las costas de las islas del Golfo y en Khor Kalba en la costa Este.

Ecología: Se encuentra en zonas intermareales de marismas con leve acción de mareas.

Foto:



NOMBRE: *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton

Número de especie: 5

Familia: ASCLEPIADACEAE

Sinónimo: *Madorius procerus* (Aiton) Kuntze

Nombre común: Sodom's tree

Biotipo: Fanerófita

Fitogeografía: Nativa de Asia y África

Floración: Marzo-Sept

Ecología: Planta de desierto, dominante en suelos arenosos y *wadis* salinos.

Foto:



NOMBRE: *Calligonum comosum* (L'Her.)

Número de especie: 6

Familia: POLYGONACEAE

Sinónimo: *C. polygonoides* subsp. *Comosum* (L'Her.) Soskov

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: Plantas que se encuentran en la región del mar Mediterráneo, Asia y América del Norte.

Floración: Dic- Mar

Lugar: Común y generalizado en las dunas de arena y llanuras de los Emiratos Árabes Unidos.

Ecología: en dunas planas y junto a carreteras.

Foto:



NOMBRE *Centropodia forsskalii* (Vahl) Cope

Número de especie: 7

Familia: POACEAE

Nombre común en inglés: Sword-leaved helleborine

Biotipo Chamaerófito

Fitogeografía Irano-Turanian – Sáharoarabe

Floración: Abril-Marzo

Lugar: No es común en EAU.

Ecología: Suelos arenosos. Glicófila.

Foto:



NOMBRE: *Cistanche tubulosa* (Schenk.) Wight

Número de la especie: 8

Familia: OROBANCHACEAE Broomrape Familia

Nombre común en inglés: Desert hyacinth

Biotipo: Geofita

Fitogeografía: Desiertos asiáticos

Floración: Dic-Mar.

Lugar: común en áreas costeras del Golfo Árabe o en terrenos salinos arenosos de interior.

Ecología: Suelos arenosos salinos.

Foto:



NOMBRE: *Cornulaca monacantha* Delile

Número de especie: 9

Familia: CHENOPODIACEAE

sinónimo: *Cornulaca Arabiga* Botsch.

Biotipo Chamaerofita

Fitogeografía: es nativa del Norte de Africa, Arabia, Medio Oriente, Iran and Baluchistan.

Floración: Sept-Dic

Lugar: común en las costas del Norte de Emiratos.

Ecología: En costas y zonas de dunas salinas.

Foto:



NOMBRE: *Cynomorium coccineum* L.

Número de especie: 10

Familia: CYNOMORIACEAE

Nombre científico: -

Biotipo: Geófito

Fitogeografía: -

Floración: Primavera

Lugar: Muy común en UAE.

Ecología Parasita de la raíz de las plantas de desierto. Se encuentran mayoritariamente en zonas salinas compactadas de arena costera.

Foto:



NOMBRE *Cyperus conglomeratus* Rottb.

Número de especie: 11

Familia: CYPERACEAE

Sinónimo: *Cyperus effusus*

Biotipo: Geofita

Fitogeografía: -

Floración: Dic - Junio.

Lugar: común y muy repartida

Ecología: Arena. Rápidamente coloniza el suelo alterado. Resistente a la sequía.

Foto:



NOMBRE *Eucalyptus camaldulensis* Debnh.

Número de especie: 12

Familia: MYRTACEAE

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: cosmopolita

Floración: Marzo-Mayo

Lugar: común en EAU.

Ecología: En sequía y suelos con altas concentraciones de sales.

Foto:



NOMBRE *Euphorbia granulata* Forssk.

Numero de la especie: 13

Familia: EUPHORBIACEAE

Nombre científico: -

Biotipo: Terófito

Fitogeografía: -

Floración: Feb-Jun

Lugar: No es común en EAU.

Ecología: Llanuras de grava y *wadis*.

Foto: -

NOMBRE: *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb.

Número de la especie: 14

Familia: CHENOPODIACEAE

Nombre común en inglés: jointed glasswort

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: Sept- Dic

Lugar: común y repartida en el Norte de Abu Dhabi en costas próximas a lagos y saladares

Ecología: en suelos salinos y en zonas intermareales.

Foto:



NOMBRE *Halopeplis perfoliata* Forssk. Bunge ex Asch.

Número de especie: 15

Familia: CHENOPODIACEAE

Nombre inglés: String of beads

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración Sep - Dic

Lugar: Común a lo largo de la costa del golfo Árábigo.

Ecología: Suelos arenosos salinos, de saladares y marismas y en todas las zonas costeras y dunas de interior próximas a la costa.

Foto:



NOMBRE: *Helianthemum lippii* (L.) Dum. Cours

Numero de especie: 16

Familia: CISTACEAE

Sinónimo: -

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: Desierto, plantas termófilas.

Floración: Feb-Abr.

Lugar: común a lo largo del Golfo Árábigo en la costa y en las montañas del norte. También se encuentra en las islas de EAU.

Ecología: Arena, sílice y zonas llanas de grava en el interior. Glicófito.

Foto: -

NOMBRE: *Heliotropium bacciferum* Forssk.

Numero de especie: 17

Familia: BORAGINACEAE

Nombre en inglés: Nombre turnsole, heliotrope

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: prácticamente todo el año.

Lugar: No es común en EAU.

Ecología: Arena y grava.

Foto:



NOMBRE: *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Dicne

Número de especie: 18

Familia: ASCLEPIADACEAE Milkweed familia

Nombre científico: -

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: -

Floración: Agosto-Dic y Nov-Marzo.

Lugar: Muy común en EAU.

Ecología: Arena y depresiones desérticas.

Foto:



NOMBRE *Limonium axillare* (Forssk.) Kuntze

Numero de especie: 19

Familia: PLUMBAGINACEAE

Sinónimo: Sea Lavander

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: Principalmente entre Abril-Mayo.

Lugar: Localmente común en costas áreas a lo largo del Golfo Árabe.

Ecología: Arenas salinas.

Foto:



NOMBRE: *Portulaca oleracea* L.

Número de especie: 20

Familia: PORTULACACEAE

Sinónimo en inglés: little hogweed, red root.

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: Cosmopolita

Lugar: Ras Al Khaimah (cerca de la ciudad)

Ecología: Bordes, tierra cultivada y junto al mar.

Foto: -

NOMBRE: *Prosopis cineraria* (L.) Druce

Numero de especie: 21

Familia: MIMOSACEAE

Sinónimo: *P. spicigera* L.

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: -

Floración: Mar-May y Oct- Enero.

Lugar: común y repartida en la parte noreste del país.

Ecología: Llanuras de arena, dunas y bancos en *wadis*.

Foto:



NOMBRE: *Saccharum ravennae* (L.) Murr.

Numero de especie: 22

Familia: POACEAE

Sinónimo: -

Biotipo: Geófito

Fitogeografía: -

Floración: May- Octubre

Lugar: común en los Emiratos Árabes Unidos especialmente en las montañas Hajar.

Ecología: en *wadis* o cerca de agua.

Foto:-

NOMBRE: *Salicornia Arabica* L.

Numero de especie: 23

Familia: CHENOPODIACEAE

Sinónimo: -

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: -

Descripción: -

Lugar: -

Ecología: -

Foto:



NOMBRE *Salicornia fruticosa* (L.) L.

Numero de especie: 24

Familia: CHENOPODIACEAE

Sinónimo: *Sarcocornia fruticosa*

Biotipo: Hemicriptófito

Fitogeografía: -

Floración: -

Descripción: -

Lugar: -

Ecología: -

Foto:



NOMBRE *Salsola imbricata* Forsk.

Número de especie: 25

Familia: CHENOPODIACEAE

Nombre en inglés: Foetid saltwort

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: -

Floración: -

Lugar: común en todas las costas de EAU

Ecología: Arenas salinas y frecuentemente en suelos alterados.

Foto:



NOMBRE *Seidlitzia rosmarinus* Ehbrenb.ex Bunge

Número de especie: 26

Familia: CHENOPODIACEAE

Sinónimo: -

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: Sept-Dic

Lugar: Localmente común (Especialmente en la parte Oeste)

Ecología: En suelos arenosos costeros y *sabkhas*.

Foto:



NOMBRE: *Sesuvium portulacastrum* L.

Número de especie: 27

Familia: AIZOACEAE carpetweed familia

Sinónimo: *Sesuvium verrucosum* Raf.

Nombre en inglés: *Sesuvium*

Biotipo: Hemicriptófito

Fitogeografía -

Floración Oct-Mar

Lugar: En la costa de los Emiratos del norte, y es localmente común.

Ecología: Suelos salinos arenosos, bordes de carreteras y caminos y en suelos alterados.

Foto: -

NOMBRE: *Sporobolus ioclados* (Nees ex Trin.) Nees

Numero de especie: 28

Familia: POACEAE (Graminae)

Sinónimo en inglés: Arabian drop seed grass

Biotipo: Geófito

Fitogeografía: -

Floración: Mar-Agosto

Lugar: común y extendida a lo largo de las costas del Golfo Árabe.

Ecología: costas salinas arenosas y saladares. Muy tolerantes a la salinidad.

Foto:



NOMBRE *Sporobolus spicatus* (Valb.) Kunt

Numero de especie: 29

Familia: POACEAE

Nombre común inglés: Drop seed grass

Biotipo: Geófito

Fitogeografía: Norte de África, Macaronesia, Oeste tropical, Oeste-central tropical, Noreste tropical, Este tropical, Sur tropical. Asia-templada: Arabia. Asia-tropical: India.

floración: Enero-Abril

Lugar: común en EAU, y muy extendida excepto en las montañas. También se encuentra en las islas.

Ecología: Arenosas. Tolerantes a la salinidad.

Foto:



NOMBRE: *Suaeda aegyptiaca* (Hasselq) Zobary

Número de especie: 30

Familia: CHENOPODIACEAE

Sinónimo: *Schanginia aegyptiaca* (Hasselq.) Aellen

Nombre común en inglés: Egyptian seablite

Biotipo: Terófito

Fitogeografía: -

Floración: Oct-Abr

Lugar: común en áreas costeras

Ecología: arena. Tolerantes a la salinidad.

Foto:



NOMBRE: *Suaeda fruticosa* Forssk. ex. J.F. Gmel.

Numero de especie: 31

Familia: CHENOPODIACEAE

Sinónimo: *Suaeda vermiculata* Forssk. ex. J.F. Gmel.

Nombre en inglés: *seablite*

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: Cosmopolita

Floración: Agosto-Nov

Lugar: común en las costas del Golfo Árabe y en las islas.

Ecología: Arena salinas y campos en barbecho.

Foto:



NOMBRE: *Tetraena qatarinensis* (Hadidi) Beier & Thulin

Número de especie: 32

Familia: ZYGOPHYLLACEAE

Sinónimo: *Zygophyllum qatarense* Hadidi

Nombre en inglés: bean caper

Biotipo: Chamaerófito

Fitogeografía: -

Floración: Dic-Mar

Lugar: Común y extendido a lo largo de la costa del golfo de Arabia y en los Emiratos del norte.

Ecología: Llanuras arenosas entre bajas dunas, y en islas. Tolerancia a la salinidad.

Foto:



NOMBRE: *Tamarix nilotica* (Ehrenb.) Bunge

Número de especie: 33

Familia: TAMARICACEAE

Sinónimo: -

Biotipo: Fanerófito

Fitogeografía: Medio Oriente y el desierto oeste.

Floración: -

Lugar: repartido en EAU.

Ecología: La arena arrastrada por el viento se detiene al pie del arbusto y se acumula; el extenso sistema de raíces del arbusto continúa extrayendo humedad del sustrato salino subyacente y crece a un ritmo más rápido que el aumento del montículo.

Foto:



