



Scaevola sericea
(media flor de Hawái)

Foto: J. Ferro



***Scaevola sericea* (media flor de Hawái)**

Jorge Ferro Díaz^{1*}, Lázaro Márquez Llauger², Freddy Delgado Fernández¹ & Carlos Alberto Miranda Sierra³

¹Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, CITMA, Pinar del Río. ²Parque Nacional Guanahacabibes, Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, CITMA, Pinar del Río. ³Centro Meteorológico Provincial, CITMA, Pinar del Río. *Contacto: jferro@ecovida.cu

INTRODUCCIÓN

El Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de Cuba 2014-2020 reconoce que no existe un sistema integrado y estandarizado para el monitoreo de los ecosistemas prioritarios, las poblaciones y especies claves para el SNAP, así mismo expone que en el caso de las especies exóticas invasoras (EEI) existen vacíos de conocimiento sobre el impacto que producen éstas sobre la biodiversidad y los ecosistemas, por tal motivo resalta que se requiere profundizar en la evaluación de los impactos sobre las especies nativas y los ecosistemas, priorizando las áreas de significación nacional (CNAP, 2013).

El monitoreo biológico fundamenta sus acciones en el seguimiento durante períodos idóneos a las especies, y constantes en tiempo para las poblaciones de organismos “índice o indicadores” (vegetales y animales), por medio de lo cual se pueden detectar los cambios ambientales y de las especies concentradas en el ecosistema, para que se pueda actuar con prontitud a fin de localizar las amenazas y resolver los problemas consecuentes (Whitacre & Musinsky, 1997).

Las plantas son componentes de la diversidad biológica con amplias posibilidades para estudios ecológicos diversos, ya que son sésiles y están disponibles para hacer cualquier conteo o análisis (Ferro, 2015). Una alta diversidad florística se extiende por la complejidad de ecosistemas que integran a nuestro planeta, donde se destacan las regiones que poseen las mayores concentraciones de especies, en particular porque también poseen los valores más elevados de endemismo, y en muchos casos también cifras considerables de amenazadas, que por múltiples razones exponen peligros provenientes de factores diversos, entre los que resaltan aquellos asociados al cambio global; las invasiones biológicas y la destrucción del hábitat son parte de los impactos de esos factores que más han influido en la extinción de especies a nivel mundial (Vilá & *al.*, 2008).

Varias especies de plantas han sido reconocidas en reportes difundidos internacionalmente como reales amenazas para floras



nativas en ámbitos diversos; particularmente resulta preocupante las que invaden sistemas muy frágiles como las dunas arenosas, mayormente costeras; estas se establecen y mantienen en todas partes del mundo bajo las condiciones predominantes de acumulación y remoción de arena por oleaje y viento. El tapiz vegetal psamófilo de las dunas vivas es mucho más pobre y uniforme en su composición florística que las comunidades vegetales que viven en equilibrio con los factores de clima, suelo e influencia del hombre (Eskuche, 1992). Es por ello que procesos como las invasiones de especies exóticas resulta preocupante y motivo de urgente accionar.

Una especie que se incluye dentro de éstas exóticas invasoras con afectaciones a los ecosistemas de costas arenosas es *Scaevola sericea* Vahl (Goodeniaceae), que ha sido considerada por Oviedo & González-Oliva (2015) como de reciente arribo a Cuba.

El primer reporte de *S. sericea* en Cuba data de 2008 (González-Torres, 2008), al que le siguieron otros que documentaron su presencia en el Parque Nacional Guanahacabibes (Márquez & al., 2013), también en la cayería noreste de Villa Clara (Romero & al., 2015). Aunque comunicaciones personales de varios investigadores y especialistas cubanos, por observaciones de campo realizadas, advierten que la especie se ha extendido a otros sitios costeros del país.

Esta situación sugiere la definición de problemáticas para el monitoreo que involucran, desde los aspectos de su dinámica invasiva hasta aquellos asociados a las interacciones que establecen durante el citado proceso y cómo son afectados a su vez por factores ambientales locales donde se establecen.

Teniendo en cuenta tales problemáticas, se propone un Protocolo de Monitoreo que debe atender desde su diseño, las debidas respuestas a las mismas, y proyectar acciones de manejo adaptativo, consiguiendo con ello que se promueva el control y la evaluación de sus efectos, reportándolos para una estrategia nacional integrada de manejo y/o control de esta especie que amenaza un frágil ecosistema al cual se le atribuye una alta prioridad en la gestión ambiental nacional.

CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE

La caracterización se compila a partir de Jeffrey (1980), Grande & Nozawa (2010), Tropicos (2016), GISD (2016).

Aspectos nomenclaturales:

Nombre científico: *Scaevola sericea* Vahl



Nombres comunes: media flor de Hawái, Naupaka de playa, lechuga de mar.



Fig. 1. *Scaevola sericea*. (A) Vista general de la planta; (B) Detalle de la flor; (C) Frutos; (D) Tallos volubles con enraizamiento.
Fotos: L. Márquez (A, B y C), J. Ferro (D).

Sinonimia (según GISD, 2016):

- Scaevola sericea* var. *taccada* (Gaertn.) Thieret & B. Lipscomb
- Scaevola sericea* var. *sericea* Vahl
- Scaevola taccada* var. *bryanii* St. John
- Scaevola taccada* var. *fauriei* (Levl.) St. John
- Scaevola taccada* var. *sericea* (Vahl) St. John
- Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.
- Scaevola frutescens* Krause
- Scaevola frutescens* var. *sericea* (Vahl) Merr., 1912
- Scaevola lobelia* var. *sericea* (Vahl) Benth., 1852
- Scaevola frutescens* (Mill.) Krause
- Scaevola lobelia* L.
- Scaevola koenigii* Vahl

Clasificación taxonómica superior: Familia Goodeniaceae, Orden Asterales, Subclase Asteridae, Clase Magnoliopsida, División Magnoliophyta, Subreino Tracheobionta, Reino Plantae.

Publicación original: la descripción original fue hecha por el botánico y zoólogo noruego Martin Vahl (1749-1804), en *Symbolae Botanicae*, 2: 37. 1791

Etimología del nombre científico: el nombre del género “*Scaevola*” fue dedicado por su autor, al héroe romano del siglo VI (NE), Mucius Scaevola. Por su parte el epíteto específico “*sericea*” procede del término latino *sericum*, que significa “seda”, aludiendo a que las hojas poseen pelos suaves como la seda.

Características de la especie:

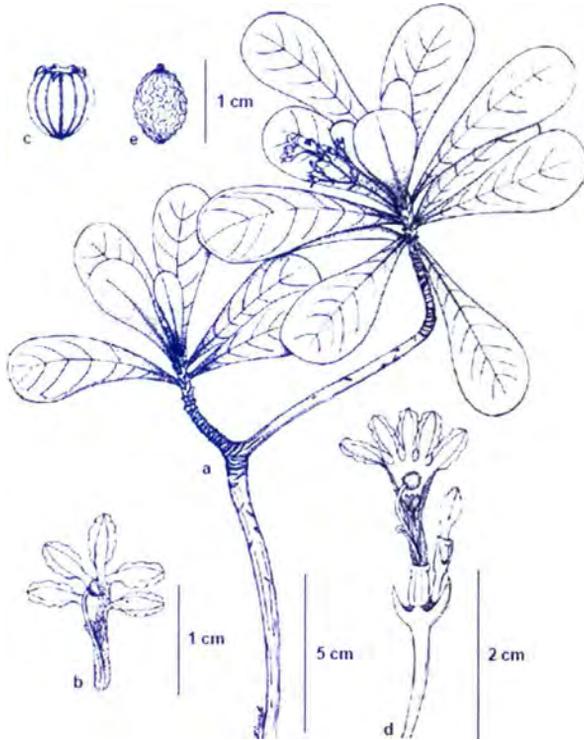


Fig. 2. Ilustración de especies del género *Scaevola*, tomada de Grande & Nozawa (2010); a-c. *S. taccada* (sinónimo *S. sericea*). a. Hábito. b. Detalle de una flor (vista ventral). c. Fruto maduro.

Descripción botánica (Figuras 1 y 2): arbusto grande, espeso de hasta 5 m de alto, formando a menudo montículos redondeados, densos. Las hojas simples, estrechamente alternas, agruadas en las puntas del tallo, verde espeso, brillantes, más anchas rca de las puntas, a 21 centímetro de largo, glabras a pubescente en ambos lados, revolutos los márgenes, verde ligero que se pone marillo con la edad; el eje de la hoja con los mechones de vellos ácidos. Las flores blancas a lila pálido, algunas en pequeños grupos n el eje de

La hoja; tienen una forma irregular con cinco pétalos (alrededor de 2 cm de largo) - todos en un lado de la flor como un semicírculo haciendo que parezcan haber sido desgarrado por la mitad y dando como resultado el nombre vernáculo "media flor". Las flores crecen en pequeños grupos de entre las hojas en los extremos de los tallos. Fruto carnoso, drupas redondeadas a elípticas, miden alrededor de 1 a 1,7 cm de ancho y son de color blanco a blanco amarillento. Son bayas carnosas que contienen semillas de color beige con reborde acorchado. El interior del fruto es acorchado también que les permite ser flotantes.

Existen dos variedades de *Scaevola sericea* de acuerdo con ITIS (Integrated Taxonomic Information System -GISD, 2016-): *S. sericea* var. *sericea* Vahl y *S. sericea* var. *taccada* (Gaertn.) Thieret & B. Lipscomb.

Fenología: las plantas de *S. sericea* producen flores y frutos durante todo el año, pero mayormente desde finales de abril hasta octubre (GISD, 2016), lo cual puede suceder desde su primer y segundo año de vida y en adelante. Observaciones de campo así lo corroboran, por ejemplo, en la cayería norte de Villa Clara se detectó florecida y fructificada en los meses de enero, abril, mayo, junio, octubre y noviembre (Romero & *al.*, 2015).

Aspectos de la distribución:

Distribución original: este de África a India, sureste de Asia, Australia, Islas del Pacífico.

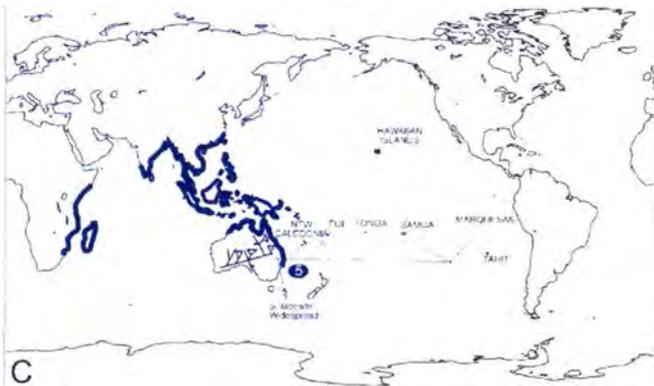


Fig. 3. Mapa de distribución original de *Scaevola sericea* = *S. taccada*. (Howarth & *al.*, 2003).

Distribución global: nativa de las costas alrededor del Océano Índico y Oeste del Pacífico (Figura 3); común en las costas,

mayormente playas arenosas, detrás de la línea de marea, sobre las estructuras de las dunas arenosas; también se encuentra en sectores de los acantilados rocosos, formando a menudo matorrales densos (Brizicky 1966, Whistler 1992, Wong 1995, citados por GISD, 2016). Naturalizada en Florida (USA), Bahamas, Venezuela y otros países de América tropical (Thieret & Brandenburg 1986, citados por GISD, 2016; Grande y Nozawa, 2010). Ha sido reportada muy rápidamente en varios países como China (Lee-Ming & *al.*, 2006), Japón (*Tropicos*, 2016), Pakistán (*Flora of Pakistan online database*), entre otros territorios de la zona intertropical (Figura 4).

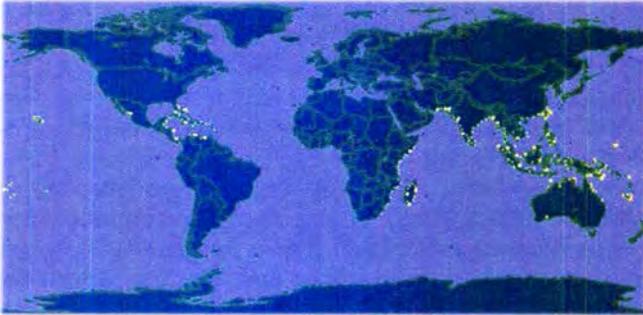


Fig. 4. Esquema de distribución pantropical aproximada de *Scaevola sericea* (modificado de EDDMapS, 2009).

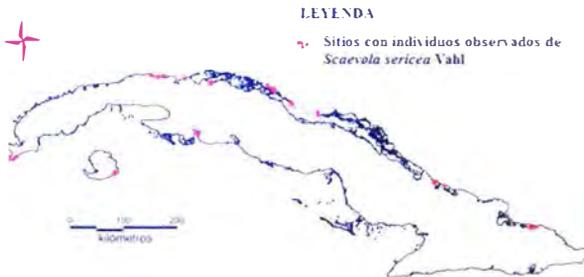


Fig. 5. Esquema de distribución aproximada en Cuba de *Scaevola sericea* Vahl, siguiendo los reportes difundidos y comunicaciones personales de investigadores nacionales. (Base del mapa de contorno tomado de Romero & *al.*, 2015).

Distribución en Cuba: *S. sericea* fue reportada por primera vez en el país en 2008, en una localidad de Punta del Este, al sureste de la Isla de la Juventud (González-Torres, 2008). En 2012 es encontrada en

playas de la península de Guanahacabibes (Márquez & *al.*, 2013); más adelante documentan su presencia en la cayería noreste de Villa Clara, Romero & *al.* (2015), los que refieren haberla detectado desde 2007. Por comunicaciones personales de especialistas de diferentes provincias se conoce que existen individuos de esta especie en otras áreas de ambos litorales del archipiélago cubano. (Figura 5).

Otros elementos de su historia natural:

Historia natural: es tolerante a la sal y el viento que abunda en las costas, lo que favorece su crecimiento, aunque sensible a las heladas (Bar-Zvi 1996, citado por GISD, 2016)). Forma raíces adventicias cuando sus tallos contactan el suelo arenoso. Es sensible al fuego (Smith & Tunison 1992, citados por GISD, 2016), y a la sombra prolongada (Herbst & Wagner 1992, citados por GISD, 2016). Los frutos son flotantes en el agua, con una capa exterior acorchada, adaptadas a la dispersión por las corrientes oceánicas (Thieret & Brandenburg 1986, citados por GISD, 2016). Los frutos son comidos por diferentes especies, principalmente las aves marinas (Whistler, 1992, citado por GISD, 2016); también se han reportado ser comidos por cangrejos (Grande & Nozawa, 2010). Semillas viables en su paso por el agua de mar, hasta un año o más (Brizicky 1966, citado por GISD, 2016), pero sólo se germinan con agua dulce, al lavarse en tierra en un día lluvioso (Lesko & Walker 1969, citados por GISD, 2016).

Métodos de dispersión: se pueden citar tres vías que favorecen el proceso invasivo de *S. sericea*.

1. Consumo / excreción: las semillas son dispersadas por las aves. Las frutas son comidas por las palomas y aves marinas y movidos por cangrejos.
2. Escapes de la jardinería: es fácil de cultivar *S. sericea* partir de esquejes o semillas; muy utilizada en la ornamentación de hoteles ubicados en áreas costeras, razón que ha fomentado su dispersión por esta vía.
3. Corrientes de agua: frutos que flotan y son transportados por las corrientes oceánicas; los frutos pueden flotar hasta por un año, y se puede extender a lo largo de las líneas costeras tanto insulares como continentales, orillas de los canales y manglares.
4. Tallos volubles que producen raíces adventicias para acelerar avance invasivo del stand: aunque no documentado adecuadamente pero escasamente referido y observado en trabajos de campo, en determinadas condiciones de las dunas arenosas se flexibiliza una parte de la trama de tallos que al contacto con la arena produce espesas raíces adventicias,



acelerando el avance del montículo formado por uno o varios individuos de la especie.

Caracterización fitoquímica y etnobotánica:

Fitoquímica: se han aislado constituyentes como scaevolina, ácido clorogénico, saponinas, glucósidos, lípidos (en las semillas) y alcaloides (World Health Organization, 1998)

Actividad biológica: antibacterial y antiviral (World Health Organization, 1998).

Usos reportados: según *World Health Organization* (1998), los usos tradicionales reportados son: en Fiji, el líquido de las hojas se utiliza para tratar la debilidad después del parto que conduce a la neumonía. Las raíces se usan para tratar dolor de estómago. Una decocción de la corteza y las hojas se utiliza para tratar una recaída después de una enfermedad. En Tonga, el jugo de la corteza se utiliza en el tratamiento de la tiña. Las raíces se utilizan para tratar el beriberi, la sífilis y la disentería. En las Islas Salomón, las partes de la planta se usan para tratar la tos, la tuberculosis y picaduras de raya.

En la actualidad ha crecido su valor de uso ornamental, mayormente para instalaciones hoteleras establecidas en áreas costeras, básicamente de playas, considerando su porte, color brillante de sus hojas y atractivo de las flores. La planta es utilizada muy a menudo en las postales tropicales de islas del Pacífico, y fondos de pantalla.

Aspectos de la ecología:

Características ecológicas y adaptativas: *Scaevola sericea* crece directamente en playas de las costas tropicales, mayormente en las crestas dunares de arenas coralinas. Se desarrolla en la zona de *spray* salino por salpicaduras; es uno de los primeros colonizadores (pionera) en atolones tropicales y bancos de arenas (IUCN, 2009). Además de por semillas, es de fácil propagación por estacas.

Siguiendo lo que expone GISD (2016), esta especie prefiere suelos arenosos con buen drenaje y es un exfoliante muy tolerante a la sal. Se le encuentra cada vez más en las comunidades dispersas de plantas con presencia de cocoteros, y otras especies de la composición florística de la vegetación de complejos arenosos.

Sus habilidades competitivas demostradas se basan en:

Amplitud ecológica demostrada.

Multifactorial su habilidad invasiva, con diversas formas de diseminarse, todas probadamente efectivas.

Biología reproductiva exitosa y poco compleja.



- Adaptación invasiva de sus tallos para producir renuevos y plantones consecutivos desde la planta madre, a partir de crear raíces adventicias.
Amplia producción de flores y frutos durante todo el año.
Propágulos atractivos y duraderos.

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO

Definición de objetivos.

OBJETIVO GENERAL:

Contribuir al control eficiente del proceso invasivo de *Scaevola sericea* en ecosistemas costeros, principalmente playas, del archipiélago cubano mediante la documentación de patrones de su dinámica poblacional y las interacciones con los factores ambientales de las áreas donde se establece, principalmente con la flora y vegetación nativas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Las problemáticas asociadas al proceso invasivo de *S. sericea* en ecosistemas costeros cubanos permiten derivar en los problemas científicos del monitoreo, con lo cual estructurar el diseño del Protocolo que se presenta, y en correspondencia a ellos, los objetivos específicos del mismo; estos son:

Problema 1.

¿Cuál es la dinámica del proceso invasivo de *S. sericea* y qué relación tiene con la dinámica y composición de la flora y vegetación nativa en los ecosistemas de playas donde se está estableciendo en Cuba? ¿Qué patrones identifican a dicha dinámica invasiva?

Objetivos:

Determinar la variabilidad espacial y temporal de poblaciones de *S. sericea* en playas del archipiélago cubano.

Caracterizar el proceso de establecimiento y ocupación de nichos de *S. sericea* en playas del archipiélago cubano, fundamentando las relaciones que establece con la flora y vegetación nativas.

Determinar los patrones espaciales y temporales del grado de invasión de *S. sericea* en playas del archipiélago cubano.

Problema 2.

¿La dinámica expansiva de arbustos nativos de playas cubanas, con énfasis en *Tournefortia gnaphalodes* (Boraginaceae), compite o facilita la dinámica invasiva de *S. sericea*? ¿Cuáles son los efectos de



tales interacciones y qué otros factores actúan como controladores de la invasión?

Objetivos:

Caracterizar las relaciones entre poblaciones de *Tournefortia gnaphalodes* y *Scaevola sericea* en playas donde existen interacciones de ambas.

Establecer la relación causa-efecto de la interacción entre *S. sericea* y la regeneración natural y estructura poblacional de especies características de la vegetación de costa arenosa en el archipiélago cubano.

Caracterizar los factores que actúan como controladores del proceso invasivo de *S. sericea*, documentando sus correspondientes efectos.

Problema 3.

¿Existe correspondencia entre las variables que tipifican la dinámica litoral y variabilidad climática en playas del archipiélago cubano, sobre el proceso invasivo de *S. sericea*?

Objetivos:

Caracterizar el comportamiento espacial y temporal de dinámica litoral y de la variabilidad climática en playas seleccionadas del archipiélago cubano.

Determinar la correspondencia que existe entre las variables que tipifican la dinámica litoral y variabilidad climática y las que tipifican el proceso invasivo de *S. sericea*.

IDEAS A DEFENDER:

Los cambios estacionales de la estructura de las acumulaciones arenosas y de la vegetación que se le asocia, de conjunto con la variabilidad climática influyen en el proceso invasivo de *S. sericea*, determinando su velocidad de colonización, incrementos de la abundancia y cobertura de esta especie exótica en playas del archipiélago cubano.

La abundancia y cobertura del arbusto nativo *Tournefortia gnaphalodes* disminuye el incremento de la abundancia, cobertura y velocidad de colonización de *S. sericea* en los estadios iniciales de su proceso invasivo.

VARIABLES:

Variables independientes:

1. Cambios estacionales de la estructura de playas:
 - 1.1- Amplitud de franja
 - 1.2- Altura de las dunas o camellones de tormenta
 - 1.3- Pendiente de dunas o camellones de tormenta



- 1.4- Profundidad de acumulación arenosa
- 1.5- Amplitud de la línea intermareal
2. Cambios estacionales de la estructura de la vegetación de playas
 - 2.1- Altura de la vegetación
 - 2.2- Cobertura de la vegetación
 - 2.3- Densidad de la vegetación
3. Variabilidad climática
 - 3.1- Variabilidad pluviométrica
 - 3.2- Variabilidad térmica
 - 3.3- Variabilidad de luz solar diaria
 - 3.4- Variabilidad del régimen de tormentas
4. Abundancia de *Tornefortia gnaphalodes*
5. Cobertura de *Tornefortia gnaphalodes*

Variables dependientes:

1. Velocidad de colonización de *S. sericea*
2. Abundancia de *S. sericea*
3. Cobertura de *S. sericea*
4. Altura de plantas y/o manchones de *S. sericea*

INDICADORES DE VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA:

1. Incrementos o disminución de amplitud de franja arenosa en m por período del año playa.
2. Aumento o disminución de altura y/o pendiente de dunas en m y grados por período del año playa.
3. Aumento o disminución de la profundidad de arenas en cm por período del año playa.
4. Aumento o disminución del rango intermareal en m por período del año por playa.
5. Variaciones en altura de la vegetación en cm por período del año por playa.
6. Incrementos o disminución de la cobertura de la vegetación en m² por período del año por playa.
7. Incrementos o disminución de la densidad de la vegetación en cantidad de individuos por m² por período del año por playa.
8. Incrementos o disminuciones del promedio de precipitaciones en mm por sitio por período del año.
9. Incremento o disminución del promedio de temperatura diurna en °C por sitio por período del año.
10. Cantidad de horas luz por día por sitio por período del año.
11. Cantidad de tormentas atmosféricas por grado de intensidad por sitio por período del año.



12. Incremento o disminución de la abundancia de *Tournefortia gnaphalodes* en número de individuos por playa por período del año.
13. Incremento o disminución de la cobertura de *Tournefortia gnaphalodes* en m² por playa por período del año.
14. Aumento o disminución del número de individuos de *Scaevola sericea* por playa por período del año.
15. Tiempo de aparición de nuevos individuos de *S. sericea* entre mediciones en días por playas por períodos del año.
16. Incremento o disminución del área de cobertura de individuos o manchones de *S. sericea* en m² por playa por período del año.
17. Variaciones en altura de individuos o manchones de *S. sericea* en m por playa por períodos del año.

MUESTREO

Definición de la unidad muestral:

Para evaluaciones de:

- Cambios estacionales de la estructura de playas: transectos desde la línea de costa, cubriendo toda la franja arenosa, hasta el comienzo de la estructura arbórea del complejo de vegetación (Figura 6).

Cambios estacionales de la estructura de la vegetación: parcelas de 10 X 10 m (100 m²).

- Variabilidad climática: si se dispone de una estación móvil, ella misma representa la unidad de muestreo; debe ser colocada en un sitio al que habrá que georreferenciar, en cada una de las playas de mediciones. Si no, se adoptarán los datos aportados por los Centros Meteorológicos provinciales, partiendo de los registrados de la estación más próxima.

- Abundancia y cobertura de *Tournefortia gnaphalodes*: parcelas de 10 X 10 m (100 m²)

Seguimiento de la dinámica del proceso invasivo de *S. sericea* (velocidad de colonización, abundancia, cobertura y altura de plantas/manchones): se realizará mediante itinerarios de censos, realizando un conteo total y mediciones a cada individuo encontrado (método de muestreo sin parcela).

Tamaño de muestra:

Cambios estacionales de la estructura de playas: tres transectos por playa seleccionada con presencia de *S. sericea*.

Cambios estacionales de la estructura de la vegetación dos parcelas por playas seleccionadas con presencia de *S. sericea*.

Abundancia y cobertura de *Tournefortia gnaphalodes*: dos parcelas por playas seleccionadas con presencia de *S. sericea* y *T. gnaphalodes*.

Seguimiento de la dinámica del proceso invasivo de *S. sericea*: todos los individuos de *S. sericea*.

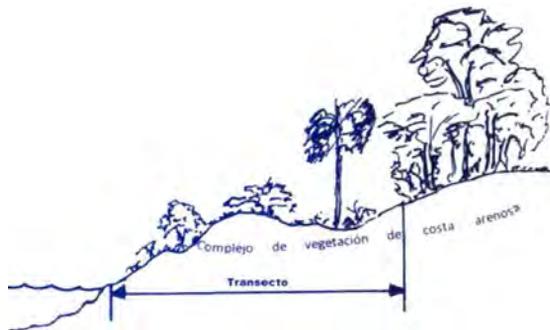


Fig. 6. Esquema ilustrativo de la sección del perfil de playa en que se debe colocar cada transecto.

¿Dónde y cuándo monitorear?

Distribución espacial del muestreo (¿Dónde?)

Cambios estacionales de la estructura de playas: los cinco sitios que se reseñan en la Figura 7; asumiendo que otros no indicados pueden sumarse si se cumplieran supuestos logísticos claves. Los transectos se ubicarán en dependencia de la estructura del sitio (playa), asegurando que todas las variables puedan ser medidas, y garantizando la independencia entre cada uno.

Cambios estacionales de la estructura de la vegetación: los mismos cinco sitios que se reseñan en la Figura 7; asumiendo que otros no indicados pueden sumarse si se cumplieran supuestos logísticos claves. Las dos parcelas serán ubicadas en alguno de los sectores de la playa donde se obtenga la mayor representatividad del complejo de vegetación de costa arenosa. Debe tenerse en cuenta que las dos parcelas queden ubicadas a suficiente distancia una de la otra como para que la independencia del muestreo quede asegurada.

Variabilidad climática: de igual forma, los cinco sitios que se reseñan en la Figura 7; asumiendo que otros no indicados pueden sumarse si se cumplieran supuestos logísticos claves. No se precisa la misma ubicación del punto de observación y registros

para cada repetición de las mediciones (momentos del año), si se contara con el equipamiento requerido, solo debe asegurarse que sea dentro de un fragmento homogéneo cada vez, en los sitios (playas).

Abundancia y cobertura de *Tournefortia gnaphalodes*: sitios 1, 4 y 5 (Figura 7). Seleccionando áreas de vegetación de cada playa donde se localiza con mayor abundancia de *T. gnaphalodes* (estimación visual), se instalarán las dos parcelas de monitoreo, asegurando, en la medida de lo posible, la independencia de cada una de las muestras.

Seguimiento de la dinámica del proceso invasivo de *S. sericea*: los cinco sitios que se reseñan en la Figura 7; asumiendo que otros no indicados pueden sumarse si se cumplieran supuestos logísticos claves. Se cubrirá toda el área del sitio con recorridos a lo largo de la línea litoral dentro de la formación vegetal, y transversalmente desde el litoral hacia el interior a fin de poder detectar todo individuo presente.



Fig. 7. Esquema de distribución de probables sitios de inicio de la implementación del Programa de Monitoreo considerando la presencia reportada de *Scaevola sericea*. (Base del mapa de contorno tomado de Romero & al., 2015).

Distribución temporal del muestreo (¿Cuándo?)

Todas las variables, y por tanto las unidades de muestreo con sus respectivas réplicas se medirán dos veces en cada año, asegurando que los dos períodos claves de la dinámica climática anual (lluvioso y poco lluvioso) queden incluidos. Considerando la biología de la especie *Scaevola sericea*, el programa deberá cubrir como mínimo un período de seis (6) años de seguimiento; en adelante será importante su continuidad para reforzar su validez.

METODOLOGÍA

Organización del proceso:

Primer paso: establecer, definir o compilar línea base para el monitoreo. Se debe realizar un ejercicio exploratorio de la información disponible en el área, instituciones asociadas u otras con referencias de evaluaciones o investigaciones que puedan aportar información necesaria para poder desarrollar el monitoreo. Se consideran de vital importancia, las listas florísticas de cada área donde tendrá lugar la aplicación del programa de monitoreo, evaluaciones cualitativas y cuantitativas de la vegetación existente, caracterizaciones de sustratos, comportamiento de variables meteorológicas, entre otras; esta información constituye el estado inicial de la información y punto de partida para el monitoreo

Segundo paso: análisis *in situ* para puntualizar la definición de los sitios de establecimiento de los puntos de mediciones para el monitoreo (proceso integrado). Deben realizarse recorridos previos en cada sitio escogido, identificar en el campo los aspectos básicos que nos da la línea base informativa que poseemos, predefinir enclaves de los muestreos, etc.

Tercer paso: organización y ejecución de los trabajos de campo (establecimiento y mediciones de las parcelas permanentes, transectos, puntos, etc.). Aplicación de la guía metodológica que contempla este programa.

Cuarto paso: organización, procesamiento y devolución de la información. Se relaciona con la adecuada organización de la información obtenida, el procesamiento básico de las hojas de campo, es decir, su tabulación en hojas sintéticas, las presentaciones acabadas de las planillas que conforman esta metodología, los análisis cuantitativos, etc.

Criterios metodológicos a seguir:

Cambios estacionales de la estructura de playas: siguiendo las observaciones acerca de la posición para instalar cada transecto de evaluación de perfiles de playas, como se ilustró en la Figura 6, se utilizará como criterio de estructura de cada playa, la propuesta por Bolongaro & *al.* (2010), que recomienda utilizar tres secciones (Figura 8), a saber: la infraplaya, que es la zona de la playa comprendida entre el límite de la marea baja hasta la profundidad donde empieza el efecto del oleaje; la mesoplaya que es la zona comprendida entre el límite de la marea alta y el límite de la marea baja, generalmente con pendiente en dirección hacia el mar, y la supraplaya que es la zona comprendida entre el límite de la marea alta y, en situaciones insulares, el límite de la vegetación de mayor porte, generalmente arbustiva densa a arbórea. Es preciso aclarar, que las partes altas y

pendiente de las estructuras dunares se localizan en el área de la supraplaya, por tanto será la sección donde se instalaran la mayor parte de los diseños de muestreos sugeridos para la aplicación de este Protocolo; con estas mediciones se pretende obtener características morfológicas y sedimentológicas del perfil de playa.

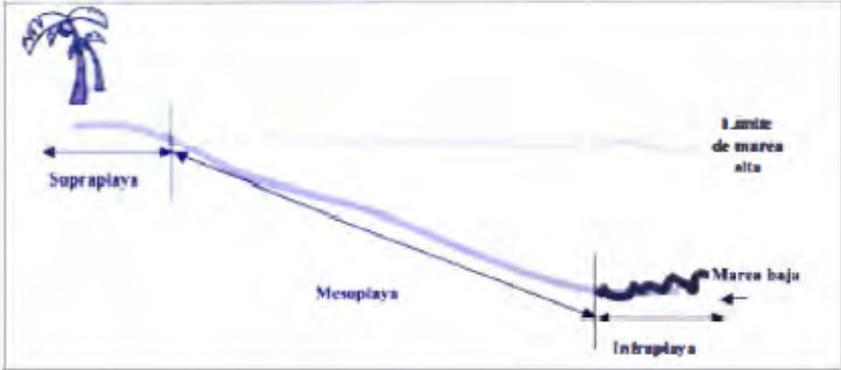


Fig. 8. Esquema de la estructuración de zonas de playas asumidas para evaluaciones de los cambios estacionales de la estructura de mediante transectos. (Tomado de Bolongaro et al., 2010).

La determinación de la amplitud de franja se hará tomando el ancho en metros en tres secciones (réplicas) de cada playa, desde la línea litoral límite de marea baja (infraplaya) hacia el interior, hasta el comienzo de la formación arbórea más densa de cada una (límite de supraplaya).

Para determinar la altura y pendiente de la duna se pueden emplear dos técnicas instrumentales, en dependencia de poder contar con uno u otro: mediante el uso de un clinómetro de donde se harán las lecturas directas de ambas variables, o mediante un GPS de tecnología de alta precisión, para lo cual se tomarán las lecturas de altitud en los dos puntos, de infraplaya y de mayor altitud de cresta en la supraplaya.

Nota: de no disponerse de estos instrumentos, no se asumirían estas dos variables.

La determinación de la profundidad de arenas se tomará siguiendo los criterios asumidos por Ferro & al. (2013) en el protocolo establecido para esta variable en la vegetación de playas de la región Archipiélagos del Sur de Cuba, con lo cual se podrán hacer inferencias básicas sobre la relación erosión/acreción de las playas. Según los citados autores, en los tres transectos lineales se ubicará una cinta métrica de al menos 50 m y se tomarán las mediciones de profundidad de arenas cada dos (2) metros, introduciendo un varilla



metálica fina y resistente, hasta que esta no pueda penetrar más con presión normal del mismo investigador cada vez. Es importante aclarar que debe utilizarse siempre la misma varilla y preferiblemente la misma persona que la introduzca; se marca el límite de penetración y se toma la medición en cm.

Para las mediciones de amplitud intermareal se hará tomando la diferencia en cm/m desde el límite de marea baja en la infraplaya, hasta el límite de marea alta en la mesoplaya como se ilustra en la Figura 8.

Los registros obtenidos se asentarán en las planillas de campo que se han diseñado para estas variables, las cuales se encuentran en el Anexo 1. La data acumulada permitirá obtener criterios claves para documentar y evaluar cambios de los perfiles de playas, y si estos tienen relación con la dinámica de la vegetación y en particular con la el proceso invasivo de *Scaevola sericea*. Un ejemplo de resultado que se puede obtener lo encontramos en la gráfica de pérdida de hábitat que mostraron de sus estudios entre 2005 y 2007 Bolongaro & al. (2010) en México (Figura 9).

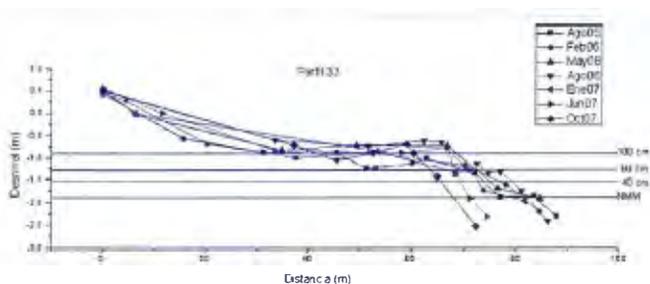


Fig. 9. Ejemplo de perfil demostrativo de la pérdida de hábitat por erosión en la playa Isla Aguada, Campeche, México. (Tomado de Bolongaro & al., 2010).

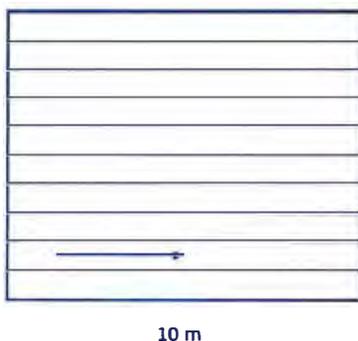


Fig. 10. Representación esquemática de la parcela de 100 m² en que se harán las mediciones de vegetación.



Cambios estacionales de la estructura de la vegetación: las mediciones en parcelas de 100 m² se harán siguiendo subparcelas interiores de 10 m² en los 10 m de borde de la parcela (Figura 10). Dentro de cada subparcela (10 en total) se registrará cada individuo de cada especie presente en el mismo orden de aparición siguiendo el recorrido que indica la flecha (de izquierda a derecha). De cada uno se registrará la especie, familia y se medirá altura y porcentaje de cobertura (estimándola *in situ*).

La ubicación independiente una de otra de estas parcelas asegurará que ambas sean consideradas verdaderas réplicas muestrales. Cada una será georreferenciada en sus cuatro puntos extremos y en el central, como se indica en la Figura 11.

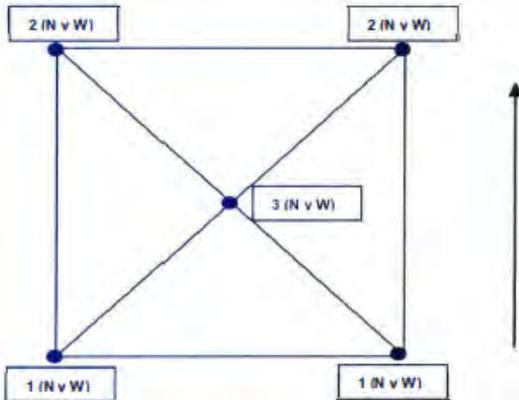


Fig. 11. Esquema de ubicación en cada parcela de los puntos de coordenadas geográficas (1 correspondiente a los dos puntos de la base litoral, 2 a los dos puntos en el extremo interior y 3 al punto interior centro de la parcela).

Los registros obtenidos se asentarán en la planilla de campo que se han diseñado para estas variables, las cuales se encuentran en el Anexo 2.

Variabilidad Climática: para la obtención de registros sistemáticos en cada playa de las diferentes variables que contempla este componente (pluviometría, temperaturas, intensidad luminosa diaria y régimen de tormentas), como se ha expuesto, se requiere una estación automática móvil, la que, de poder contar con ella, se ubicará cada vez en el mismo punto en cada playa y se obtendrán los datos de cada una. Además será siempre necesario, con o sin estación automática, obtener los datos registrados por los

correspondientes Centros Meteorológicos Provinciales de estas variables, ajustándolo a las estaciones más próximas y de posibilidad extrapolable de sus registros. Se recomienda diseño metodológico más específico contenido en Anexo 3 del presente Protocolo.

Abundancia y cobertura de *Tournefortia gnaphalodes*: observaciones sistemáticas realizadas durante el seguimiento del proceso invasivo de *S. sericea* en el APRM Península de Guanahacabibes (Figura 12-A) han posibilitado sugerir un efecto densodependiente entre la abundancia de una y otra (Figura 12-B), por lo que implica una demanda de monitorear tal proceso para confirmarlo o no, y en correspondencia documentarlo adecuadamente. En virtud de ello se establecerán dos parcelas para evaluar si la abundancia y cobertura de esta especie afecta el proceso invasivo de *S. sericea*, y en qué magnitud se manifiesta ese efecto.



Fig. 12. Imágenes del seguimiento a la invasión de *S. sericea* en el APRM Península de Guanahacabibes (A), y de una planta de *S. sericea* (indicada por la flecha) cubierta por *Tornefortia gnaphalodes* (B). Fotos: J.A. Camejo (A), L. Márquez (B).

Siguiendo el mismo diseño de parcela de vegetación (100 m²) que aparece en la Figura 10, se colocarán dos (réplicas) en cada playa de los sitios seleccionados. En cada una se identificará a *T. gnaphalodes* individuos aislados con el acrónimo "Tgi" y en manchones, con "Tgm"; esta distinción se hace pues frecuentemente esta especie en su proceso expansivo se manifiesta en manchas con una compleja trama de tallos, muchos de ellos enraizados y multiplicados, razón por lo que es casi imposible individualizarla.

Se anotará en la planilla (Anexo 4) los registros de altura; en el caso de manchones, por el punto más alto del mismo; y la cobertura en porcentaje de la superficie de la parcela que cubre.

De la misma manera en que se indica en la Figura 11, también se georreferenciarán los puntos extremos y centro, para su permanencia en el seguimiento estacional y anual.

Seguimiento de la dinámica del proceso invasivo de *S. sericea*: como se expuesto, las mediciones de esta variable se tomarán en itinerarios de censos (muestreo sin parcela) que permitirán reconocer, identificar y medir cada individuo presente detectado. Se anotarán en la planilla que se detalla en Anexo 5, los datos de altura y cobertura. Cada individuo será marcado con una chapilla enumerada a criterio del investigador, de manera que con la repetición del muestreo por periodos se pueda tener claro cuál representa nuevo hallazgo, con lo cual se podrán establecer criterios acerca del incremento de la población.

Materiales y equipamiento necesarios.

Brújula.

Binoculares.

Cámara fotográfica.

Carta topográfica 1:10 000 o 1:25 000 del área en que se trabaja (playa).

Dos cintas métricas de 100 m preferentemente, o tres de 50 m.

Cinta métrica metálica de 5 m.

Cintas coloreadas de marcaje (*flagging tape*).

Clinómetro.

Machete.

GPS.

Guantes.

Lápices.

Libreta o papel para notas.

Papel cuadriculado.

Tablilla para anotaciones de campo.

Tijera de podar.



- Estación automática móvil para mediciones de variables climáticas por sitio.
- Botas con protector metálico.
- Varilla metálica recta de 2 m mínimo para profundidad de arenas.
- Chapillas metálicas para marcaje de plantas.

Análisis de los datos.

Se estructurarán las bases de datos a partir del diseño de variables e indicadores que se ha expuesto, con lo cual deben realizarse múltiples análisis. Queda claro que se cuenta con un diseño multifactorial, con elevada cifra de variables independientes y dependientes (cinco y cuatro respectivamente) lo cual sugiere el empleo preponderante de las técnicas multivariadas disponibles.

Como punto de partida en cada caso se determinarán los estadísticos descriptivos, desarrollando las correspondientes pruebas de normalidad de los datos para definir tipos de análisis inferenciales a realizar.

Se deben realizar análisis de comparaciones de medias, siguiendo la estructura de datos y tipo factores incorporados, para lo cual son aconsejables los análisis de varianzas simple (un factor) y multifactorial, en caso de que se logre el cumplimiento de los supuestos básicos de estas pruebas; en caso de ser necesario son recomendables los ajustes de la serie de datos por cualquiera de los procedimientos existentes, también se aconsejan realizar las correspondientes pruebas post hoc para discriminar en cuanto a las diferencias encontradas.

Análisis de correlaciones y regresiones podrán reforzar criterios de relaciones y dependencias de factores puestos en consideración, principalmente cuando se estén evaluando relaciones entre factores del sitio, tanto físicos de las playas como de la comunidad vegetal con las variables del proceso invasivo de *S. sericea*.

Serán importantes también los análisis de afinidades entre sitios y playas según la multiplicidad de factores que incidan en ellos, mediante diferentes técnicas de aglomeración para obtener dendrogramas (clúster) que posibiliten determinar semejanzas y posibles diferenciaciones entre estos.

Muy recomendable es la aplicación de diferentes técnicas modernas de ordenación, principalmente los análisis de correspondencias simples y canónicas, poniendo en valoración los efectos de variables ambientales diversas incluidas a las que tipifican a la estructura de la población de *Tournefortia gnaphalodes*, sobre las variables del proceso invasivo de *S. sericea*.

Diversos son los paquetes estadísticos disponibles, y múltiples son las experiencias de los investigadores utilizando uno u otro; en todo

caso cualquiera que permita aproximaciones a las aplicaciones recomendadas son útiles. En el caso de los análisis multivariados, se recomienda emplear softwares específicos para éstos, como es el caso de CANOCO, PCord, MVSP, etc.

Teniendo en cuenta la necesidad de interactuar entre los diferentes sitios de registros de datos, para poder tener una visión integral y coordinada del proceso de monitoreo que define este Protocolo, es recomendable un sistema de tributo y concentración de datos, de manera que en sesiones colectivas como talleres, se pueda realizar la validación de datos y sus procesamientos globales para preparar reportes y manuscritos con enfoque de país, mecanismo que debe crearse a instancia de alguna institución nacional como es el caso del Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), u otra de las participantes que así se decida. Este será mejor escenario y ocasión para definir con mayor precisión, en dependencia de los registros disponibles, los análisis y sus correcciones.

Divulgación y aplicación de los resultados.

Es recomendable que se cree un mecanismo que considere el tiempo y tipo de publicaciones de informes y reportes obtenidos de los resultados del programa de monitoreo, aunque no se descarta que se editen compilaciones sobre la gestión del control de procesos de invasiones biológicas en Cuba, donde se puedan presentar reportes de los resultados de la aplicación del Programa de Monitoreo de *Scaevola sericea*.

Los investigadores que coordinan las acciones de implementación del Programa pueden preparar manuscritos para su publicación en diferentes revistas seriadas de las que están disponibles, asegurando siempre que un consejo científico de crédito de la calidad y rigor del trabajo que se presenta, y siguiendo las normas que establezca la editorial o revista particular donde se presentará.

Siempre será deseable un mecanismo de consenso para unificar criterios y validar resultados a nivel de coordinación del Programa, el cual debe crearse a instancias de los que asumirán la implementación del Programa en los respectivos sitios.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

. Bolongaro Crevenna, R.; Márquez García, A.Z.; Torres Rodríguez, V. & García Vicario, A. 2010. **Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche.** p. 73-96. En: Botello, A.V.; Villanueva-Fragoso, S.; Gutiérrez, J. & Rojas Galaviz, J.L. (eds.). Vulnerabilidad de las zonas



costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 pp.

. Centro Nacional de Áreas Protegidas. 2013. **Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020**, Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente, la Habana, Cuba. 366 pp.

. EDDMaps -Early Detection and Distribution Mapping System-. 2009. **Beach naupaka *Scaevola sericea* Vahl** Disponible en: <http://www.eddmaps.org/florida/distribution/viewmap.cfm?sub=6390>. Acceso: mayo 18 de 2016.

. Eskuche, U. 1992. **La vegetación de las dunas marítimas de América Latina**. Bosque 13(1): 23-28.

. Ferro Díaz, J. 2015. **Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación**. Ecovida 5(1): 139-186.

. Ferro, J.; Castañeira, M.A.; Menéndez, L. & Guzmán, J.M. 2013. **Protocolo para el monitoreo del complejo de vegetación de costa arenosa**. Proyecto GEF/PNUD Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la Región Archipiélagos del Sur de Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana. 39 pp.

. Flora of Pakistan online database. Undated. ***Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb.** Disponible en: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=242414288. Acceso: mayo 24 de 2016.

. GISD -Global Invasive Species Database-. 2016. **Species profile: *Scaevola sericea***. Disponible en: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1532>. Acceso: mayo 26 de 2016

. González-Torres, L.R. 2008. **Nueva planta invasora en Cuba**. Bissea 2(2): 2.

. Grande, J.R. & Nozawa, S. 2010. **Notas sobre la naturalización de *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. (Goodeniaceae) en las costas de Venezuela**. Acta Bot. Venez. 33(1): 33-40.

. Howarth, D.G.; Gustafsson, M.H.G.; Baum, D.A. & Motley, T.J. 2003. **Phylogenetic of the genus *Scaevola* (Goodeniaceae): implication**



for dispersal patterns across the Pacific Basin and colonization of the Hawaiian Islands. *Am. J. Bot.* 90(6): 915-923.

. IUCN. (2009). **An Assessment of Post Tsunami Restoration and Conservation Initiatives in Coastal Stretch of Matara.** IUCN-Sri Lanka Country Office. Ecosystems & Livelihoods Group, Asia. P. 21. Disponible en: http://cmsdata.iucn.org/downloads/analysis_of_post_tsunami_initiatives_sri_lanka.pdf consultado en mayo 26 de 2016.

. Jeffrey, C. 1980. **On the nomenclature of the strand *Scaevola* species (Goodeniaceae).** *Kew Bull.* 34(3): 537-545.

. Lee-Ming, H.; Ying-Zhen, L.; You-Zhang, L. & Ching-Yuh, W. 2006. **Distribution of exotic weeds in coastal areas of southern and eastern Taiwan during summer.** *Plant Prot. Bull.* 48: 129-151.

Márquez, L.; Ferro, J.; Márquez, L.; Valera, R.; Camejo, J.A. & Cobián, D. 2013. **Primer reporte de *Scaevola sericea* y *S. plumieri* (Goodeniaceae) en la península de Guanahacabibes, Cuba. Acercamiento a la historia natural de una invasión biológica en un área protegida.** *Ecovida* 4(2): 89-100.

. Oviedo Prieto, R. & González-Oliva, L. 2015. **Lista nacional de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba – 2015.** *Bissea* 9 (NE 2): 5-91.

. Romero Jiménez, M.; Más Castellanos, L.; Oviedo Prieto, R.; Pegudo Castillo, J.A.; Arias Barreto, A. & Morales Santos, L. 2015. **Situación de *Scaevola sericea* (Goodeniaceae) en la cayería noreste de Villa Clara, Cuba.** *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 36: 181-187.

. Tropicos.org. **Online Database.** Missouri Botanical Garden. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/14600036>. Acceso: mayo 26 de 2016.

. Vilá, M., Castro, P. & García-Berthou, A. 2008. **¿Qué son las Invasiones Biológicas?** p. 21-28. En: Vilá & *al.* (coord.). *Invasiones Biológicas.* Colección Divulgación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. España.



. Whitacre, D.F. & Musinsky, J. 1997. **Monitoreo Biológico**. Disponible en: <http://www.ci-mexico.org.mx/mbiodiv.htm>. Acceso: mayo 24 de 2016

. World Health Organization. 1998. **Medicinal Plants in the South Pacific**. WHO Regional Publications Western Pacific Series No. 19. Regional Office for the Western Pacific. Manila, Philippines. P. 254.



Anexo 3. Manual de recomendaciones metodológicas para mediciones y análisis de variables meteorológicas (contribución del M. Sc. Carlos Alberto Miranda Sierra, Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río).

Para el monitoreo de las variables climáticas en condiciones de campo, se requiere ante todo, de una buena preparación en métodos de observación del personal que llevará a cabo esta tarea. Es necesario que esté identificado con los principios de funcionamiento del instrumental meteorológico con el cual realizará las mediciones y con las diferentes técnicas de observación establecidas para dar cumplimiento a los objetivos específicos de las investigaciones a realizar en condiciones campo.

Indicadores de monitoreo del clima

- *Régimen térmico del aire (temperatura ambiente; temperatura máxima; temperatura mínima).*
- *Régimen térmico del suelo (temperatura de la superficie del suelo; temperaturas máximas y mínima de la superficie del suelo; temperatura a diferentes profundidades del suelo).*
- *Humedad del aire (humedad relativa).*
- *Precipitaciones (cantidad diaria, mensual).*
- *Régimen de vientos (dirección en grados y velocidad promedio).*
- *Radiación solar (radiación directa, dispersa y difusa).*
- *Evaporación.*
- *Afectación de evento meteorológico extremo.*

Organización del trabajo

1. *Trabajo previo de gabinete.*
2. *Monitoreo en el campo.*
3. *Procesamiento de la información.*

Trabajo previo de gabinete

En esta etapa se realizará una revisión bibliográfica sobre el clima existente en el área de estudio (línea base); incluye los valores medios, extremos así como la variabilidad interanual de las variables climáticas. Se incluye una caracterización de los sistemas sinópticos y eventos meteorológicos extremos (cyclones tropicales, depresiones, frentes fríos fuertes, ondas tropicales), tormentas locales severas (tornados, trombas marinas, aeroavalanchas) y eventos de intensa sequía, frecuencia y probabilidad de ocurrencia, es decir de todos aquellos fenómenos meteorológicos que puedan provocar transformaciones importantes en el ecosistema.

Estas informaciones pueden ser solicitadas en los Centros Meteorológicos Provinciales y en las estaciones meteorológicas más cercanas al área de posible monitoreo.

Puede incluirse, a partir de una visita al área de monitoreo, realizar un diagnóstico a partir de entrevistas, encuestas u otros métodos, de las principales vulnerabilidades del lugar ante los efectos de fenómenos

meteorológicos extremos como la profundidad e intensidad de las penetraciones del mar, afectaciones causadas por fuertes vientos, dinámica de recuperación de la línea costera y afectaciones a la biodiversidad apreciadas por cada tipo de fenómeno meteorológico.

Monitoreo en el campo

Para las mediciones de las variables meteorológicas en las parcelas, lo más recomendable es utilizar Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs), sensores y kits meteorológicos que reúnan las características técnicas apropiadas. Se puede también incorporar de acuerdo a las disponibilidades termómetros, pluviómetros, equipos registradores de temperatura y humedad correctamente calibrados, que serán emplazados acorde a los intereses de los investigadores siguiendo las normas establecidas para garantizar la calidad del dato primario (Latham & al., 2014; Schlacher & al., 2008). Como complemento a las mediciones de campo se pueden adicionar las mediciones de las estaciones meteorológicas que forman la red nacional (estaciones sinópticas, climatológicas, agrometeorológicas y pluviométricas) próximas a la zona de monitoreo. Por lo general estas pertenecen al Instituto de Meteorología, al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y al Ministerio de la Agricultura. En estos centros se puede adquirir la información climática histórica.

Selección de lugar de medición

El área de mediciones se elige en el área donde están establecidas las especies a monitorear, y quedan permanentes para todo el periodo de monitoreo. Si se monitorea varios puntos, estos deben estar relativamente próximos con condiciones ambientales lo más similar posible. No deben escogerse lugares próximos a caminos, zona de inundación, carreteras o áreas que evidentemente se encuentran muy alteradas por la acción antrópica (Castro, 2008).

Frecuencia de medición de las variables meteorológicas

Se recomienda realizar las mediciones en el período lluvioso (mayo a octubre) y en el período poco lluvioso (noviembre a abril). Siempre se escogerá la misma frecuencia y periodos del año. Las mediciones climáticas para monitoreo de una misma especie deben efectuarse durante varios años. Las mediciones con cualquier instrumento meteorológico ubicados en el campo, se realizarán con la frecuencia que decidan los investigadores de acuerdo con sus objetivos; estas pueden oscilar entre 10 segundos hasta diario. Se recomienda que debe existir uniformidad en los horarios establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con las estaciones sinópticas, con el objetivo de realizar los análisis estadísticos posteriores entre las series observadas.

En las estaciones sinópticas y agrometeorológicas los equipos registran de forma continua los valores de temperatura, humedad, presión, precipitación, dirección y fuerza del viento y radiación solar. Se mide cada tres horas la precipitación (pluviómetros) y temperatura de superficie del suelo y a

diferentes profundidades cuando disponen de termómetros de profundidad de suelo. La representatividad de los valores en estas estaciones puede llegar a alcanzar una distancia de hasta 25 km de diámetro.

Las horas normales según la OMM para las observaciones es por Hora Universal (UTC): 0000Z (19:00 horas); 0300Z (21:00 horas); 0600Z (01:00 horas); 0900Z (04:00 horas); 1200Z (07:00 horas); 1500Z (10:00 horas); 1800Z (13:00 horas); 2100Z (16:00 horas)

Monitoreo de las variables meteorológicas

La medición de las variables meteorológicas en el campo se realizará dentro o muy próxima a las parcelas, previamente definidas por los investigadores y georreferenciada.

Cada punto de medición constará con una planilla (Cuadro 1) para identificar los detalles del equipo, tipo mediciones a realizar y caracterización del lugar.

En caso de que las mediciones se realicen con sensores, entonces la información se registrará en la memoria del equipo para posteriormente ser extraída de forma digital.

En caso de contar con equipos registradores o de medición visual, los datos serán registrados en los modelos de campo para el registro de las observaciones meteorológicas (Cuadro 2 y Cuadro 3).

Temperatura y humedad del aire

En las condiciones de campo se usa el método termodinámico que consiste utilizando un psicrómetro de aspiración (Assmann), el cual a partir de la temperatura del aire (T) y la temperatura del aire para un aire saturado se puede determinar la humedad relativa del aire (H) a partir de la tabla psicrométrica. La frecuencia de medición recomendada es cada tres horas.

Pueden usarse además las EMAs, sensores de temperatura, humedad y kits meteorológicos debidamente calibrados. La unidad de medición de temperatura es en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y de humedad relativa es en porcentaje (%). Debe tomarse precaución que los sensores no queden expuestos a la radiación directa del sol.

Para realizar mediciones de gradiente vertical temperatura y humedad, se recomienda fijar los sensores a intervalos constantes entre 0,5 a 1 m. Si se dispone de pocos sensores entonces estos se distribuyen de forma homogénea desde la superficie hasta la altura especificada.

Los sensores siempre serán colocados a la misma altura. En la red de estaciones meteorológicas estos se encuentran a una altura estándar (1,50 m), sin embargo, en condiciones de campo estas pueden ser modificadas a causa de los objetivos investigativos.

Las temperaturas máxima (T_x) del aire se mide al final de la tarde (19:00 horas) y es el valor máximo durante el día, mientras que la temperatura mínima (T_n) de aire se mide a las 07:00 horas siendo el valor mínimo durante la noche y madrugada.

Temperatura de la superficie y profundidad del suelo

Si se dispone de EMA o sensores de temperatura estos se colocarán en la superficie del suelo y a las profundidades estándares de 5 cm, 10 cm, 15 cm y 20 cm. El régimen de medición debe ser cada una hora.

En caso de disponer de termómetros, se medirá la temperatura de la superficie del suelo (cada tres horas), temperatura máxima del suelo al final de la tarde (19:00 horas) y temperatura mínima del suelo al final de la madrugada (07:00 horas). Durante el día se retira el termómetro de mínima y en la noche se retira el termómetro de máxima, siempre después de hacer la lectura correspondiente. La posición de los termómetros es horizontal con el bulbo a medio enterrar en el suelo.

Los termómetros de profundidad estarán en forma vertical, orientados de este a oeste y organizados por profundidad ascendente. Las mediciones se realizarán cada tres horas.

Radiación solar

Es la energía responsable de casi todos los procesos físicos, biológicos, químicos y bioquímicos que ocurren en el Sistema Climático.

En el campo se utilizan las EMAs que tienen acoplados varios sensores: el Pirheliómetro mide la radiación solar directa de la región anular del cielo próximo al Sol. Al ser cubierto este sensor con una pantalla o sombreado la componente directa entonces mide la radiación difusa. El Piranómetro mide la radiación directa recibida directamente del disco solar y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera.

Los parámetros de radiación solar se miden en W/m^2 que posteriormente a conveniencia se puede convertir a MJ/m^2 .

Precipitación

La precipitación es el volumen de agua precipitada por unidad de superficie ($1 m^2$) durante un periodo de observación (hora, día, mes, etc.) tanto en forma líquida como sólida. La unidad de medida es en milímetros ($1mm = 1 \text{ litro}/m^3$).

En condiciones de campo se mide con la EMA o pluviómetro. El sensor se ubica a una altura de 1.5 metros en correspondencia con la red pluviométrica estándar, no obstante esta se puede modificar de acuerdo con los intereses de los investigadores. La frecuencia de mediciones debe ser cada 24 horas a las 1200z (07:00 horas).

Los sensores deben ubicarse en un lugar abierto, en forma totalmente vertical donde no haya interferencia de árboles, arbustos u objetos que interfieran en la caída libre de la gota de agua. En caso de querer hacer mediciones dentro de la vegetación o en el dosel entonces solo se garantiza la posición vertical del equipo a la altura instalada.

Dirección y fuerza del viento

Las mediciones de la dirección y fuerza del viento se realizan de forma instrumental o por estimación visual, y se estiman los valores promedios de los 10 minutos anteriores al momento de la observación. La dirección del viento indica de donde sopla el viento a partir de los ocho rumbos de la Rosa de los Vientos (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). La fuerza del viento será medida en metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (km/h). La frecuencia de mediciones es entre una y tres horas.

A falta de instrumentos anemométricos, la velocidad del viento se estimará basándose en las especificaciones de la escala Beaufort del viento. El valor estimado se convertirá en metros por segundo o kilómetros por horas (Cuadro 4).

Evaporación

Se recomienda el evaporímetro de Piché, compuesto de una probeta graduada y porta filtro.

Se llena la probeta con agua de lluvia o destilada, se coloca el papel secante de 3 cm de diámetro y se fija a la probeta con el porta filtro. Una vez el papel mojado se hace una lectura inicial, las próximas lecturas se hacen en los horarios establecidos. Se calcula la diferencia entre las lecturas final y la inicial, dará la cantidad de agua evaporada en el intervalo de tiempo considerado. Debe mantenerse los niveles adecuados de agua en el evaporímetro, el filtro libre de polvo e impurezas por lo que debe limpiarse periódicamente.

Eventos meteorológicos extremos

Se incluye los fenómenos meteorológicos extremos (ciclones tropicales, frentes fríos fuertes, ondas tropicales fuertes), tormentas locales severas (tornados, trombas marinas, aeroavalanchas) y eventos de intensa sequía, que puedan provocar transformaciones importantes en los ecosistemas.

Los fenómenos meteorológicos extremos se caracterizan por estar acompañados de fuertes vientos, intensas lluvias y penetraciones del mar. El efecto de cada uno, o la combinación entre estos, provocan impactos importantes en los ecosistemas costeros hasta su transformación total. Por sus características, son los que abarcan mayor territorio y más intensas transformaciones en los ecosistemas costeros (Tovilla & Orihuela, 2004).

Las tormentas locales severas son más puntuales, en su mayoría asociadas a fenómenos meteorológicos extremos, pero pueden suceder de forma aislada y ocurren en muy pocos minutos. Ocupan pequeñas áreas, aunque su intensidad se caracteriza por vientos que pueden superar varias veces la de los ciclones tropicales, por lo que su efecto también puede provocar importantes daños.

La sequía extrema está dada por un déficit importante de precipitaciones caracterizada por su intensidad y su duración. Puede durar desde varios meses hasta años y se asocia a eventos de escala global como el fenómeno EL NIÑO. Sus afectaciones se manifiestan en pérdida de biodiversidad, cambios en los periodos fenológicos, incremento de los incendios forestales, plagas y enfermedades oportunistas.

En el periodo de monitoreo debe registrarse al detalle y de forma individual la afectación de algunos de estos fenómenos mencionado anteriormente. Se incluirá tipo de fenómeno, categoría si es un huracán, fecha de inicio y fin, área de afectación, tipo de afectación (descripción de las afectaciones al ecosistema), profundidad de las penetraciones del mar, velocidad y dirección media de los vientos, presión mínima registrada, rachas máximas registrada,



causa de la inundación costera (por intensas lluvias o por penetraciones del mar), daños causados por los fuertes vientos o por el incendio forestal.

En caso de la sequía se debe consultar con el Centro Meteorológico para precisar las características del fenómeno, esto incluye fecha de comienzo y fin, intensidad, área que ocupa, déficit de precipitaciones respecto a la norma histórica, ocurrencia o no de anomalías en las temperatura extremas, humedad relativa que provocan estrés en los ecosistemas durante el periodo de afectación (FAO, 2009).

Procesamiento de la información

Para facilitar la interpretación de los fenómenos observados en el campo, convendría presentar los datos de las variables meteorológicas medidas en forma de valores estadísticos, como promedios, valores máximos y mínimos, desviaciones típicas, distribución de frecuencias (tablas o curvas), etc. También se debe puede realizar una comparación del comportamiento de las variables meteorológicas registradas en el campo con lo sucedido en otros puntos de medición, estaciones de monitoreo de la biodiversidad o estaciones meteorológicas sinópticas o agrometeorológicas (Ahumada & al., 2011). El objetivo es establecer patrones comparativos y correlativos del comportamiento del clima en las áreas de estudio.

Debe tenerse en cuenta que, antes o durante el plazo de monitoreo pueden haber ocurrido fenómenos meteorológicos que generan desde importantes impactos ecológicos hasta la transformación total del ecosistema. Los ciclones tropicales, los frentes fríos fuertes, las penetraciones del mar, intensas lluvias y periodos extremos de sequía meteorológica son los más destacables, por tanto, deben tenerse en cuenta al realizar los análisis de variabilidad climática.

Las corrientes atmosféricas y oceánicas, las aves, los animales acuáticos y el hombre son importantes medios de transporte de esporas o semillas que propician un rápido traslado de especies hacia otros ecosistemas (Harvell & al., 1999). Estos al encontrar condiciones favorables adquieren un comportamiento invasor. Es por ello que, los análisis de las posibles causas meteorológicas acerca de la aparición de especies invasoras en los ecosistemas costeros es una prioridad. Se debe tener en cuenta además el impacto del fenómeno EL NIÑO que produce alteraciones en la marcha anual de las temperaturas del aire, la temperatura de la superficie del mar, las precipitaciones y la ciclogénesis en el área del Atlántico y la cuenca del Caribe.

Bibliografía citada en el Anexo 3

. Ahumada, M.; Aguirre, F., Contreras, M., Figueroa, A. 2011. **Guía para la conservación y seguimiento ambiental de los humedales Andinos**. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente. Chile.

. Tovilla, C. & Orihuela, E. 2004. **Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa de Nayarit, México**. Madera y Bosques. Número Especial 2: 63-75.



Harvell, C.D.; Kim, K.; Burkholder, J.M.; Colwell, R.R.; Epstein, P.R.; Grimes, D.J.; Hoffmann, E.E.; Lipp, E.K.; Osterhaus, A.D.M.E.; Overstreet, R.M.; Porter, J.W.; Smith, G.W. & Vasta, G.R. 1999. **Emerging Marine Diseases: Climate Links and Anthropogenic Factors**. Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology. Paper 580.

Latham, J.; Trivedi, M.; Amin, R.; D'Arcy, L. 2014. **Manual de referencia: Monitoreo de la biodiversidad para REDD+**. Sociedad Zoológica de Londres, Reino Unido.

FAO. 2009. **Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección integrada de datos de campo**. Versión 2.2. Documento de Trabajo de Monitoreo y Evaluación de los recursos Forestales Nacionales, NFMA 37/S. Roma.

Castro, E. 2008. **Manual de Procedimientos para las Estaciones Meteorológicas**. Departamentos Científico de La Selva y Manejo de Información. Sarapiquí. Costa Rica. 91 pp.

Schlacher, T.; Schoeman, D.; Dugan, J.; Lastra, M.; Jones, A.; Scapini, F. & McLachlan, A. 2008. **Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts**. *Marine Ecology* 29 (Suppl. 1): 70-90.

Cuadro 1. Expediente de monitoreo de campo de variables meteorológicas.

Provincia _____	Municipio _____
Estación _____	Código _____
Coordenadas: _____	Oeste _____ Norte _____
Tipo de sensor: EMA _____	Kit Met _____ Equip Registr _____ Sensor Met _____
Inicio de medición: dd/mm/aa _____	Hora: _____
Final de medición: dd/mm/aa _____	Hora: _____
Variables meteorológicas a medir:	
Temperatura aire: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Humedad del aire: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Temperatura del suelo: U/M _____ Sensor _____	Superf _____ Profundidad: 5 cm _____ 10 cm _____ 15 cm _____ 20 cm _____
	Frec. medición _____ (hora)
Dirección del viento: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Fuerza del viento: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Evaporación: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. Medición _____ (hora)
Radiación solar:	
Radiación directa: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Radiación difusa: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Radiación dispersa: U/M _____ Sensor _____	Altura _____ (m) Frec. medición _____ (hora)
Observaciones generales:	

**Cuadro 2. Control de observacion de as variables meteorológicas.**

Fecha	UTC	T aire(°C)			%	Tsuelo(°C)					Grados	K m/h	Radiación (W/m ²)			(cm /l)		
		T	T x	T n		H r	S u p	5	1 0	1 5			2 0	DD	FF		Dire cta	Dif usa

Cuadro 3. Control de variables meteorológicas con la altura.

Fecha	UTC	T aire(°C)				Hr (%)				DD y FF								
		h1	h2	h3	h4	h1	h2	h3	h4	h1	h2	h3	h4					

Cuadro 4. Escala Beaufort para estimar la fuerza del viento.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (velocidad)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo sube verticalmente El humo indica la dirección del viento
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de aguas viviles, sin romper	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa débil)	Papeles en olas, crestas rompientes	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
4	20 a 26	11 a 16	Bonacable (Brisa moderada)	Bonacables marcadas, olas cadavez más largas	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los techos ondulada
5	29 a 38	17 a 21	Frisquillo (Brisa fresca)	Olas medianas y abigarras, bonacables muy abundantes	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para andar contra el viento
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
7	50 a 61	28 a 33	Frescadillo (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrebatada en dirección del viento	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de pescaras difícil
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, largas de espuma	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad escasa	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas espumosas. Superficie del mar blanca	Olas es-poncables-vento grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Bonaca)	Olas es-poncables-vento grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estroños abundantes en construcciones, tejados y árboles



Anexo 4. Planilla de datos para mediciones de campo de la abundancia y cobertura de *Tournefortia gnaphalodes*.

No. Planilla/parcela: _____
 Localización: 1.N: _____ 1.W: _____
 2.N: _____ 2.W: _____
 3.N: _____ 3.W: _____
 Fecha: _____ msnm: _____
 %Cobertura: _____
 Referencias del sitio: _____

No.	Indiv/manchón de Tg	Altura en cm	Cobertura en %	Fenología	Observaciones

Lista flora acompañante (cinco metros por todos los bordes de la parcela):

Anexo 5. Planilla de datos para mediciones del proceso invasivo de *Scaevola sericea*.

Sitio / playa: _____ Fecha: _____
 Provincia: _____
 Individuo de *S. sericea* #: _____ (de la chapilla)

Datos del individuo / manchón:
 Posición por coordenadas geográficas o planas:
 N: _____ W: _____
 X: _____ Y: _____

Altura: _____ % cobertura: _____
 Otras especies de la flora acompañantes:
