



INGENIERÍA

INGENIERÍA

CALIDAD DE LA VEGETACIÓN COMO INDICADOR DE DESERTIFICACIÓN EN LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA.

José, Mogollón¹ ; Wilder, Rivas² ; Pablo, Alvizu³ ; Edjuly, Marquez⁴ ; Maribel, Colmenares⁵ ; Luis, Lemus⁶ ; Samuel, Hernández⁷ ; Alicia, Martínez⁸

Recibido: 03 de Junio de 2016
Evaluado: 09 de septiembre de 2016
Aceptado: 30 de septiembre de 2016

Resumen:

En el desarrollo del trabajo de investigación que se presenta en este artículo se determinó el índice de calidad de vegetación (ICV) como expresión del grado de vulnerabilidad a la desertificación en la Península de Paraguaná. El ICV se calculó con base a la integración de tres indicadores: resistencia de la vegetación a la sequía, protección de la vegetación contra procesos erosivos y cobertura vegetal, lo cual plantea una definición funcional de las diferentes comunidades vegetales identificadas en la Península de Paraguaná, con base a estos tres criterios que permiten determinar la calidad de la vegetación. Se realizó mediante una media geométrica, usando valores numéricos para calificar la calidad de los indicadores en relación a su capacidad de influir sobre la vulnerabilidad del territorio ante la desertificación. El procesamiento de la información se realizó mediante herramientas de análisis espacial con un sistema de información geográfica. Los resultados muestran que el 3% de la superficie presentó una baja calidad de la vegetación, lo cual estuvo fuertemente asociado a las comunidades de matorral y herbazal que resultan ser las más vulnerables a procesos de degradación. Un 11,4% del territorio está cubierto por comunidades que presentan una baja vulnerabilidad con respecto al riesgo de desertificación, representadas por arbustales donde las especies dominantes presentan mecanismos de adaptación a sequías prolongadas. El 85,6% restante de la península está cubierto por comunidades vegetales que ofrecen una moderada calidad del recurso vegetal, pero que resultan potencialmente vulnerables al proceso de desertificación producto del manejo que vienen recibiendo estas áreas en función de la ganadería caprina de manera extensiva y el cambio de uso de la tierra hacia sistemas hortícolas que propician procesos de salinización y erosión, y que a corto plazo generan la pérdida total de la cobertura vegetal del suelo.

Palabras Claves: calidad de la vegetación; cobertura vegetal; desertificación; Sistema de Información Geográfica.

¹Venezolano. Ingeniero Agrónomo. MSc en Ciencias Ambientales. Profesor Agregado. Universidad Francisco de Miranda. Unidad de Investigación en Estudios Ambientales y Biodiversidad. Santa Ana de Coro. Venezuela. jmogollon15@gmail.com

²Venezolano. Ingeniero Forestal. MSc. en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente. Profesor Asistente. Universidad Francisco de Miranda. Unidad de Investigación en Estudios Ambientales y Biodiversidad. Santa Ana de Coro. Venezuela. wrivas@yahoo.com

³Venezolano. Licenciado en Biología. Doctor en Ecología Tropical. Profesor Asistente. Universidad Francisco de Miranda. Unidad de Investigación en Estudios Ambientales y Biodiversidad. Santa Ana de Coro. Venezuela. pablo.alvizu@gmail.com

⁴Venezolana. Licenciada en Biología. MSc en Ecología Tropical. Universidad Francisco de Miranda. Unidad de Investigación en Estudios Ambientales y Biodiversidad. Santa Ana de Coro. Venezuela. edjuly@gmail.com

⁵Venezolana. Licenciada en Biología. MSc en Ecología Tropical. Profesora Asistente. Universidad Francisco de Miranda. Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola. Santa Ana de Coro. Venezuela. maribel.colmenaresa@gmail.com

⁶Venezolano. Licenciado en Biología. Doctor en Botánica. Profesor Titular. Universidad Francisco de Miranda. Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola. Santa Ana de Coro. Venezuela. llemus1213@gmail.com

⁷Venezolano. Ingeniero Agrónomo. Universidad Francisco de Miranda. Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola. Santa Ana de Coro. Venezuela. saho1908@gmail.com

⁸Venezolana. Licenciada en Química. Esp. en Calidad Ambiental. Profesora Agregada. Universidad Politécnica Territorial Alonso Gamero. Departamento de Química. Santa Ana de Coro. Venezuela. aliciadmogollon@gmail.com

VEGETATION QUALITY AS INDICATOR OF DESERTIFICATION IN THE PARAGUANA PENINSULA, VENEZUELA

José, Mogollón ; Wilder, Rivas ; Pablo, Alvizu ; Edjuly, Marquez ; Maribel,
Colmenares ; Luis, Lemus ; Samuel, Hernández ; Alicia, Martínez

Received: June 3, 2016
Evaluated: September 9, 2016
Accepted: 30 September 2016

Abstract

Through the development of this work the index of vegetation quality index (IVQ) is determined as an expression of the degree of vulnerability to desertification in the Paraguana Peninsula. The calculation of IVQ was based on the integration of the following indicators: vegetation resistance to drought, vegetation protection against erosion and vegetation cover. This raises a functional definition of the different plant communities identified in the Paraguana Peninsula, based on these three criteria for determining the quality of vegetation. The integration is performed by calculating a geometric mean, using numerical values that rated the quality of the different indices in relation to their ability to influence the vulnerability of the territory to the desertification process. The process of information and representation of the results was performed using spatial analysis tools with GIS. Results show that about 3% of the area of the Peninsula had low quality of vegetation, which was strongly associated scrub communities which happen to be the most vulnerable to degradation processes. 11.4% of the territory is covered by plant communities that have high quality or low vulnerability to desertification risk, represented by the community of shrubland, where the dominant species that make up present mechanisms of adaptation to prolonged drought. The remaining 85.6% of the peninsula is covered by both scrub and shrub plant communities, providing moderate quality plant resources but are potentially vulnerable to desertification process, product of management that are receiving these areas depending on the goat farming extensively and changing land use to intensive horticultural systems that promote processes of salinization and erosion, which generate short-term total loss of vegetation cover.

Key Words: vegetation quality; canopy cover; desertification; Geographic Information System.

QUALIDADE DA VEGETAÇÃO COMO INDICADOR DE DESERTIFICAÇÃO NA PENÍNSULA DE PARAGUANA, VENEZUELA

José, Mogollón ; Wilder, Rivas ; Pablo, Alvizu ; Edjuly, Marquez ; Maribel, Colmenares ; Luis, Lemus ; Samuel, Hernández ; Alicia, Martínez

Recebido: 03 de junho de 2016
Avaliadas: 09 de setembro de 2016
Aceito: 30 de setembro de 2016

Resumo

No desenvolvimento do trabalho de investigação que se apresenta neste artigo se determinou o índice de qualidade da vegetação (IQV) que é determinado como uma expressão do grau de vulnerabilidade à desertificação na Península de Paraguaná. O IQV calculou-se com base à integração de três indicadores: resistência da vegetação à seca, proteção da vegetação contra processos erosivos e cobertura vegetal, o qual propõe uma definição funcional das diferentes comunidades vegetais identificadas na Península de Paraguaná, com base estes três critérios que permitem determinar a qualidade da vegetação. Realizou-se mediante uma média geométrica, usando valores numéricos para qualificar a qualidade dos indicadores em relação a sua capacidade de influir sobre a vulnerabilidade do território ante a desertificação. O processamento da informação realizou-se mediante ferramentas de análise espacial com o sistema de informação geográfica. Os resultados mostram que o 3% da superfície apresentou uma baixa qualidade da vegetação, o qual esteve fortemente associado as comunidades de matorral e herbazal que resultam ser as mais vulneráveis a processos de degradação. Um 11,4% do território está coberto por comunidades que apresentam uma baixa vulnerabilidade com respeito ao risco de desertificação, representadas por arbustales, onde as espécies dominantes apresentam mecanismos de adaptação a secas prolongadas. O 85,6% restantes da península está coberto por comunidades vegetais que oferecem uma moderada qualidade do recurso vegetal, mas que resultam potencialmente vulneráveis ao processo de desertificação produto do manejo que vêm recebendo estas áreas, em função da ganadería caprina de maneira extensiva e a mudança de uso da terra para sistemas hortícolas que propiciam processos de salinização e erosão, e que em curto prazo geram a perda total da cobertura vegetal do solo

Palavras-chave: qualidade da vegetação; cobertura vegetal; desertificação; Sistema de Informação Geográfica.

1.- Introducción

Las características ambientales de las zonas áridas y semiáridas tropicales condicionan una atmósfera con una elevada demanda evaporativa y un frecuente déficit hídrico en el suelo (Medina, Marín y Olivares, 1985). De manera particular, se destaca que en las zonas áridas de la Península de Paraguaná en Venezuela existen dos tensores adicionales; por una parte, la alta velocidad de los vientos alisios del noreste que constituyen un factor desecante, y por otra parte, suelos de escaso desarrollo (delgados y con altos contenidos de pedregosidad), con acumulación de sales de carbonato de calcio (Alarcón, 1990). La dinámica de la vegetación en el espacio y el tiempo, resultan ser uno de los indicadores más importantes para revelar la existencia de un proceso de desertificación en ambientes áridos (Younis, Gilabert y Meliá, 1999).

Las condiciones de restricción de la humedad disponible en el suelo y la disponibilidad de agua circunscrita a una estación muy corta de precipitación al año, conllevan a que los organismos vivos como la vegetación hayan tenido que evolucionar para adaptarse a estas características del medio (De Mico y Aronne, 2012; Travlos y Chachalis, 2008). En tal sentido, las plantas que crecen en estas condiciones de déficit hídrico extremo han desarrollado una serie de mecanismos mediante los cuales toleran o evaden los períodos de sequía (Lambers, Chapin y Pons, 2008). De esta manera, la vegetación presenta diversos mecanismos de resistencia a prolongados periodos de sequía, así como diferencias en la arquitectura y cobertura, favoreciendo un mayor o menor grado de protección al suelo contra los procesos erosivos.

Por otra parte, las especies que se agrupan en las comunidades vegetales responden tanto

individualmente, como en conjunto a los factores bióticos y abióticos del medio, por lo cual reflejan muchas de sus características a través de la composición florística y de su arquitectura (Matteucci y Colma, 1998). Los rasgos ecológicos de las comunidades vegetales comprenden los atributos propios que reflejan la esencia de las interconexiones entre el componente vivo y el abiótico. Sin embargo, estas características son susceptibles, vulnerables y se encuentran amenazadas por perturbaciones y por la acción de agentes tensores naturales o antropogénicos, lo cual ha llevado a la fragmentación de hábitats que irrumpen y desarticulan el carácter funcional de las formaciones vegetales como unidades de interdependencia (Odum, 1995).

Aunque las condiciones ambientales adversas tienen un papel fundamental en el establecimiento de los tipos característicos de la vegetación en zonas áridas, es indiscutible que la intervención antrópica tiene una gran responsabilidad en el empobrecimiento de la vegetación que a su vez conlleva a la degradación del suelo y la desaparición de los cursos de agua (Cumaná, 1999). Todos estos factores alteran finalmente el patrón climático, que a su vez trae como consecuencia el desencadenamiento de procesos de desertificación, y el incremento de nuevas zonas desérticas en Venezuela.

Todo lo anteriormente expuesto, ha sido abordado previamente en estudios realizados en la Península de Paraguaná (Rivas y Mogollón, 2015a, Rivas y Mogollón, 2015b, Mogollón, et al., 2015a) lo cual da una idea clara del nivel de impacto al que han estado sometidas las comunidades vegetales en el área de estudio, provocando una degradación de la cubierta vegetal y que justifica plenamente el desarrollo de estudios sobre florística y vegetación en la zona, debido a que son ecosistemas estratégicos y fuertemente

amenazados (Oliveira-Miranda et al., 2010), cuyas interacciones son muy específicas por sus estrategias adaptativas y que requieren de una atención especial en busca de su protección.

La sensibilidad ambiental o también llamada vulnerabilidad, es una expresión de la fragilidad de los territorios ante el problema de desertificación. Para el caso particular del componente vegetación, dicha fragilidad corresponde a una disposición intrínseca de las variables que conforman las características particulares de las comunidades vegetales, que las hacen más susceptibles a la degradación. Bajo este contexto, el término calidad de la vegetación hace referencia a las características que cada índice inherente a los indicadores de los componentes de las comunidades de plantas, expresa de manera cuantitativa en relación a su capacidad de ser más o menos vulnerables a la desertificación (Younis et al., 1999).

El objetivo del estudio que se presenta en este artículo fue construir un índice de calidad de la vegetación con respecto a procesos asociados a la desertificación. Para ello se definieron las clases de vegetación de la Península de Paraguaná, en función de criterios funcionales que permitieron establecer indicadores de cobertura, resistencia a la sequía y protección del suelo contra la erosión de las comunidades vegetales establecidas. Para la consecución de este objetivo se procedió con el uso de los siguientes métodos y materiales que a continuación se describen.

2.- Materiales y métodos

Área de estudio

La Península de Paraguaná se ubica en el extremo norte central del estado Falcón, en Venezuela. Constituye la parte más septentrional de la tierra firme venezolana

en el Mar Caribe. Abarca aproximadamente unos 2.684 km² de superficie y se encuentra unida al resto del estado Falcón por una estrecha faja de dunas y salinas denominada Istmo de Los Médanos, de unos 33 Km de longitud por unos 5 km de anchura y altitud media de alrededor de 6 metros sobre el nivel del mar (msnm). Desde la población de El Vínculo al norte, hasta la población de Buena Vista al sur, se extiende un paisaje acolinado, representado por la fila Monte Cano a 455 msnm y la montaña de Buena Vista a 460 msnm.

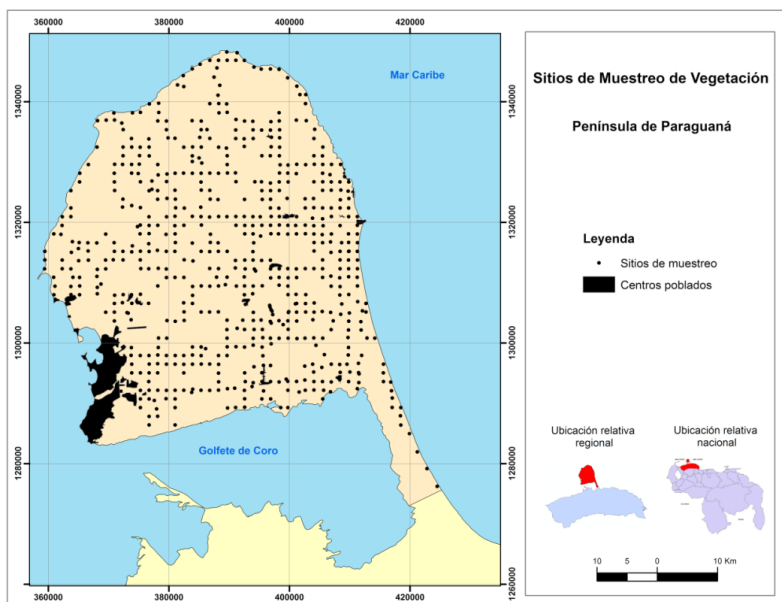
La mayor altura la registra el Cerro Santa Ana a 830 msnm (POTEF, 2015). Desde el punto de vista climático, de acuerdo a la clasificación de Holdridge (Fernández García, 1995), el área de estudio pertenece a una de las regiones más secas del país, correspondiendo con la zona de vida denominada *monte espinoso tropical* (me-T), que se distribuye desde el nivel del mar, hasta unos 200msnm. Presenta precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 200mm y 400mm y evaporaciones medias anuales entre los 2.700mm y 3.300mm, condición que la ubica en un clima árido a hiperárido con un marcado déficit hídrico a lo largo del año (Rivas y Mogollón, 2015a).

Los suelos que predominan en la Península de Paraguaná corresponden a los órdenes Entisoles y Aridisoles, siendo los subórdenes más importantes, Orthents, Orthids, Torriorthents, Camborthids, y Calciorthids (Mogollón, et al., 2015b). Por su parte, la vegetación comprende un conjunto de grupos estructurales primarios diferenciados por la forma de vida dominante: arbustal, matorral (árboles de altura inferior a 5m), cardonal, bosque (dominados por árboles de más de 5m) de uno o dos estratos. Aún dentro de un mismo grupo, la arquitectura de la comunidad varía dependiendo de su cobertura total, si es desértica, rala o densa (Matteucci, 1987).

Muestreo de vegetación

El muestreo de vegetación se realizó tomando la información directamente en campo a partir de una malla virtual cuyos vértices estuvieron equidistantes a 1.400m (Figura 1); en total se muestrearon 617 puntos, que permitieron la elaboración de mapas temáticos y mapas de calidad a una escala 1:50.000 (Mogollón et al, 2015b.)

Figura 1. Sitios de muestreo de la vegetación en la Península de Paraguaná



Fuente: elaboración propia.

Caracterización e identificación de las comunidades vegetales

En cada punto de muestreo se realizó una descripción cualitativa tomando en cuenta aspectos de la fisionomía, cobertura del dosel, especies dominantes y disposición espacial de las especies. La metodología fue elaborada tomando como base la descripción de la vegetación del estado Falcón realizada por Matteucci (1987) y fundada en las series de vegetación de Beard (1955). Esto permitió la identificación de diferentes formaciones vegetales presentes en la Península

de Paraguaná. Se identificaron las comunidades vegetales mediante un análisis por conglomerados, el cual permitió agrupar la naturaleza geográfica de las especies y de los sitios, usando el índice de similitud de Jaccard (1908), a partir de la frecuencia de aparición de las especies en las unidades muestrales, mediante el método de agrupamiento promedio entre grupos (Sokal y Michener, 1958). Luego para cada agrupamiento se identificaron las especies dominantes de cada estrato, y a partir de estas se le dió nombre a las comunidades vegetales. Los datos de dicho análisis se introdujeron a un sistema de información geográfica (SIG) donde se generó un mapa de comunidades vegetales aplicando el método de interpolación vecino más cercano (*Nearest neighbor*).

Determinación del índice de calidad de vegetación

El índice de calidad de la vegetación fue generado a partir de la integración de tres indicadores: protección de la vegetación contra la erosión, resistencia de la vegetación a la sequía y tipo de cobertura vegetal, partiendo de la propuesta realizada por Kosmas, Kirby y Geeson (1999). Estos autores señalan que estos tres indicadores resultan clave al momento de establecer el riesgo de desertificación asociado al tipo de vegetación natural y/o tipos de cultivos en una determinada localidad.

Se elaboró un mapa de comunidades vegetales en función de las especies dominantes y los mecanismos y hábitos de vida de cada una de ellas. A partir de esta información, se generaron los respectivos mapas de índices de protección contra la erosión y resistencia a la sequía. Para ello, se utilizó la herramienta de reclasificación del SIG, previa asignación de los índices de calidad para cada tipo de comunidad vegetal. Los tipos de vegetación encontrados en la Península de Paraguaná permitieron agrupar ésta en seis clases de

acuerdo a la protección que brindan contra la erosión. De igual manera, se identificaron cinco categorías de acuerdo al riesgo de la vegetación contra la sequía (Tabla 1).

En ese contexto, el término calidad de la vegetación hace referencia a las características que cada índice,

inherente a los indicadores de los componentes de la vegetación, expresa de manera cuantitativa en relación a su capacidad de ser más o menos vulnerables a la desertificación. En tal sentido, indicadores con índices de calidad alta estarían expresando baja vulnerabilidad de la vegetación ante procesos de desertificación,

Tabla 1. Comunidades vegetales y peso de los índices de los parámetros usados para ensayar la calidad de la vegetación

Indicador		Índice de Calidad	
Protección contra la erosión		Índice	Calidad
Bosque		1	Muy alta
Matorral Arbustal		2	Alta
Cardonal Arbustal		3	Moderada
Arbustal Matorral		4	Baja
Matorral Cardonal		5	Muy Baja
Herbazal Litoral		6	Extremadamente Baja
Resistencia a la sequía		Índice	Calidad
Cardonal Arbustal		1	Muy alta
Arbustal Matorral		2	Alta
Herbazal Litoral		2	Alta
Matorral Cardonal		3	Moderada
Matorral Arbustal		4	Baja
Bosque		5	Muy Baja
Cobertura Vegetal	Descripción	Índice	Calidad
> 60 %	Cerrada	1	Muy alta
20 – 60 %	Abierta	2	Alta
4 - 20 %	Esparcida	3	Moderada
-	Áreas cultivadas	4	Baja
-	No vegetada	5	Muy baja

Fuente: elaboración propia.

mientras que indicadores con índices de calidad baja se corresponderán a una vulnerabilidad alta. De esta forma, se le está asignando mayor peso a las condiciones más vulnerables asociadas al tipo de comunidad vegetal y/o al tipo de cobertura que ofrece al suelo. En este caso, los índices son valores numéricos establecidos para cada indicador previa clasificación de los mismos.

La cobertura vegetal de la Península de Paraguaná se determinó a partir del procesamiento digital de una imagen del satélite Landsat 8 del año 2013 de 30m de resolución (USGS, 2013), que corresponde al área de estudio. Haciendo uso de las herramientas de análisis espacial del sistema de información geográfica (SIG)

se realizó una clasificación supervisada de la imagen (Chuvieco, 1995), a partir de la información de puntos de control tomados en campo. Se consideraron cinco clases de cobertura (Tabla 2), de acuerdo a los criterios definidos por Di Gregorio (2005).

El índice de calidad de la vegetación (ICV) se determinó como el producto de las características de la vegetación asociadas a la desertificación (Tabla 1), utilizando el siguiente algoritmo propuesto por Kosmas et al., (1999):

$$ICV = (Protección\ contra\ la\ Erosión * Resistencia\ a\ la\ Sequía * Cobertura\ Vegetal)^{1/3}$$

Tabla 2. Clases de cobertura vegetal

Clases de cobertura	Cobertura %	Descripción
Cerrada	> 60 %	Compuesta por árboles o arbustos que tiene sus copas interpuestas, tocándose o muy escasamente separadas.
Abierta	20 – 60 %	Las copas de los árboles o arbustos usualmente no se entrelazan. La distancia entre los perímetros de las mismas puede variar hasta dos veces el promedio del diámetro perimetral.
Esparcida	4 - 20 %	La distancia entre dos perímetros de los árboles o arbustos es mayor al doble del promedio del diámetro perimetral.
No vegetada	-	Domina el sustrato edáfico o las coberturas artificiales productos de las actividades humanas (infraestructura), así como cuerpos de agua y áreas inundables. Se puede encontrar vegetación aislada con una cobertura menor al 4%.
Áreas cultivadas	-	La vegetación natural ha sido reemplazada por otros tipos de cobertura vegetal de origen antrópico. Entre una actividad y otra, o antes de empezar el establecimiento de los cultivos, la superficie puede estar temporalmente sin cobertura vegetal.

Fuente: Di Gregorio (2005)

Posteriormente, el índice de calidad de la vegetación se clasificó en tres clases que definen la calidad de la vegetación con respecto al proceso de desertificación. La interpretación de los resultados obtenidos se realizó a partir de la clasificación presentada en la Tabla 3, cuyos rangos fueron establecidos en intervalos iguales a partir del mayor valor probable que se obtuvo del cálculo del ICV.

Tabla 3. Índice de Calidad de la Vegetación

Índice de calidad de la vegetación	Descripción	Rango
1	Alta	< 1,74
2	Moderada	1,74 – 3,48
3	Baja	3,48 – 5,22

Fuente: elaboración propia

3.- Resultados y Discusión

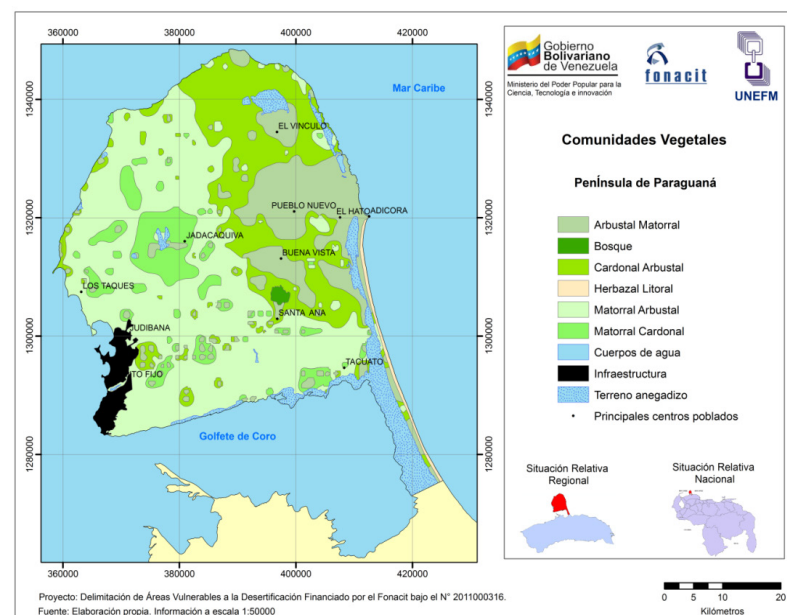
Tipos de comunidades vegetales

El análisis de conglomerado que se realizó a partir de la frecuencia de aparición y dominancia de las especies vegetales, y posterior uso del sistema de información geográfica, permitió la identificación y delimitación de seis comunidades vegetales diferentes en la Península de Paraguaná (Figura 2). El nombre de la comunidad vegetal fue planteado en función de las especies dominantes en los estratos que la conforman: Además, a partir de los mecanismos y hábitos de vida de cada una de las especies dominantes, se estableció el nivel que brinda la cobertura de las mismas en cuanto a la protección contra la erosión y, al mismo tiempo, en función de los aspectos fisiológicos de la especie, su resistencia contra el déficit hídrico atmosférico y en el suelo. Se plantea entonces una definición funcional, de las diferentes comunidades vegetales identificadas en la Península de Paraguaná, con base en los criterios previamente establecidos para definir la calidad de la vegetación en relación a la vulnerabilidad de la misma,

ante procesos asociados a la desertificación del recurso tierra.

Matorral arbustal: se refiere a una vegetación arbustiva o arbórea baja (entre 3 y 5m de alto), con dosel irregular, producto de la degradación de bosques naturales por actividad humana (Huber y Alarcón, 1988; MARNR, 1993). En la Figura 2 se muestra la comunidad del Matorral-arbustal, la cual está dominada por árboles de <5m con estratos difíciles de diferenciar. El componente leñoso puede tener apariencia arbustiva. Las especies vegetales dominantes en esta comunidad están representadas por *Prosopis juliflora* y *Caesalpinia coriaria* en el estrato superior y por *Croton flavens* y *Lippia origanoides* en el sotobosque. Esta comunidad vegetal está distribuida predominantemente hacia el sector occidental de la Península de Paraguaná; la cobertura del dosel es abierta, donde las copas o ramas no se tocan, pero cubren más del 30% de la superficie, ofreciendo de esta manera una protección moderada contra procesos erosivos del suelo.

Figura 2. Comunidades vegetales de la Península de Paraguaná



Fuente: elaboración propia

El matorral-arbustal cubre una superficie aproximada al 44% de la Península (Tabla 4). La cobertura abierta del dosel de árboles en estas comunidades propicia que en la época de máximas precipitaciones en la zona exista un mejor desarrollo de las especies codominantes *C. flavens* y *L. origanoides* que por su carácter de especies deciduas hacen uso del recurso hídrico de manera estacional y superficial (Díaz, 2001), quedando descubierto el suelo en las épocas de extrema sequía. Por tanto, se infiere que estas comunidades posean baja resistencia a la sequía. Por otra parte, habría que considerar que esta zona presenta algunas áreas con suelos de moderada pedregosidad, que disminuye la capacidad de retención de humedad en el sustrato.

Matorral cardonal: esta comunidad vegetal resulta una variante de los matorrales definidos para las zonas áridas del norte de Venezuela (González, 2007). En la zona de estudio, las especies más importantes son *Prosopis juliflora* en codominancia con *Stenocereus griseus*; además hay otras especies acompañantes como *Castela erecta*, y *Croton flavens*, formando comunidades donde la altura del dosel no sobrepasa los 5m. La comunidad presenta una mayor distribución hacia la zona centrooccidental de la Península de Paraguaná, además de pequeños parches diseminados por toda esta zona occidental.

Tabla 4.

Áreas correspondientes a diferentes clases de comunidades vegetales

Comunidad Vegetal	Área (km ²)	%
Arbustal Matorral	463,42	17,29
Bosque deciduo	7,52	0,28
Cardonal Arbustal	619,98	23,14
Herbazal Litoral	22,15	0,83

Matorral Arbustal	1.191,23	44,46
Matorral Cardonal	177,97	6,64
Cuerpos de agua	2,67	0,10
Terreno anegadizo	129,30	4,83
Infraestructura	65,33	2,44
Total	2.679,56	100

Fuente: elaboración propia

Desde el punto de vista de la cobertura que ofrece esa comunidad vegetal, podemos señalar que ésta se presenta en forma de parches aislados, dominando el sustrato edáfico, lo cual podría ser indicativo de una fuerte presión humana en estos ecosistemas, donde la cría extensiva de ganado caprino constituye la principal actividad económica. Esta actividad se realiza sin manejo de rebaños y sin control sanitario, al libre pastoreo de la vegetación seminatural, con las consiguientes consecuencias de sobrepastoreo y pérdidas de la vegetación y el suelo (Matteucci, 1986). Esto hace suponer que la protección del suelo contra la erosión debe ser baja. La superficie ocupada por esta comunidad es de aproximadamente un 7% del territorio peninsular, tal como se refleja en la Tabla 4.

Por otra parte, el matorral cardonal está dominado por dos especies que presentan mecanismos distintos de resistencia a largos períodos de sequía; tal es el caso de *P.juliflora* y *S. griseus*. En el caso de *P. juliflora*, se plantea que esta especie presenta una mayor presencia en regiones que tienen temperaturas anuales entre 20 °C y 36 °C, precipitaciones en torno a los 300-500 mm, y humedad relativa entre 60-70% (FAO, 2000). Resisten largos períodos de sequía, superiores a los nueve meses (Silva, 1988). Además, Alarcón y Díaz (1993), señalan que es una especie altamente resistente a la sequía, con capacidad de regulación hídrica.

Aunque esa especie ha sido catalogada como siempreverde (Fisher y Turner, 1978; Matteucci, Colma y Pla, 1999a), ya que mantiene su tejido fotosintéticamente activo durante todo el año, otros autores la señalan como una especie caducifolia facultativa o semiperennifolia (Alarcón, 1990; Clinch, Bennison y Paterson, 1993). En consiguiente, *P. juliflora* exhibe respuestas muy variadas que le permiten establecerse en ambientes donde el recurso agua es escaso, como las zonas áridas tropicales. La coexistencia de especies de diferentes grupos funcionales, tanto caducifolios (*C. flavens*), perennifolios (*P. juliflora*, *C. erecta*) y cactáceas, con diferentes mecanismos para la explotación del agua del suelo, conlleva que esta comunidad pueda ser catalogada como moderadamente resistente a la sequía.

Arbustal matorral: comunidades de leñosas en las que la cobertura de arbustos supera la de árboles al menos en un 30% (Matteucci, Colma y Pla, 1999b; Matteucci, 1987). Las especies dominantes en el estrato superior están representadas por las especies *Castela erecta*, *Caesalpinia coriaria* y *Stenocereus griseus*; en el sotobosque domina *Lippia origanoides*. Se considera que esta comunidad vegetal ofrece de baja a moderada protección al suelo, contra procesos erosivos asociados a la escorrentía superficial, cuando la misma se encuentra en condiciones muy alteradas producto de la intervención antrópica. Esto resulta bien importante en la Península de Paraguaná, donde la mayor actividad agrícola vegetal se concentra hacia la zona oriental, siendo esta misma área la ocupada en parte por el arbustal-matorral. En tal sentido, gran parte de esta comunidad vegetal, desde el punto de vista de la cobertura, se encuentra en condición esparcida donde la proporción del suelo ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de las plantas no supera el 20 por ciento.

En la tabla 4 se muestra que la superficie ocupada por el arbustal-matorral, cubre unos 463km² (17% del territorio peninsular). Estos arbustales bajos de *Castela erecta*, son las comunidades de plantas que mejor toleran condiciones ambientales extremas, tales como las prolongadas sequías que ocurren en estos ambientes áridos (González, 2007). Esta condición ocurre por la interacción de variables ambientales, tales como sustratos conformados directamente sobre las rocas parcialmente fracturadas, con la ausencia casi total de un horizonte mineral capaz de mantener una reserva de humedad edáfica; además se le suma la acción de los vientos alisios desecantes que combinado con un clima semiárido a árido, con temperaturas del aire mayores de 28 °C, con un total de lluvia por debajo de los 400mm, origina una condición de desequilibrio hídrico, muy poco tolerada por la mayoría de las especies presentes en la flora de las zonas insulares de Venezuela, lo cual es bastante similar a las existentes en la Península de Paraguaná.

Bajo las condiciones ambientales descritas, la comunidad de arbustal-matorral resulta en una unidad de vegetación altamente resistente a la sequía, siendo capaz de establecerse bajo las condiciones ambientales anteriormente mencionadas. Aún no se conocen los mecanismos asociados a su tolerancia al estrés hídrico, aunque como plantea Morgan (1984), la especie *C. erecta* presenta un sistema radicular bastante extendido y la capacidad de mantener mecanismos de regulación osmótica, que le permiten mantener abiertos parcialmente los estomas, durante las primeras horas del día, generando valores de potencial hídrico a nivel foliar bastantes bajos o negativos.

Cardonal arbustal: comunidades en las que las cactáceas columnares ocupan al menos 30% de la cobertura del dosel (Matteucci, 1987). En esta comunidad

la especie *Stenocereus griseus* es la dominante en cuanto a cobertura, acompañada de *Prosopis juliflora*; además forman parte de la estructura florística otras especies arbustivas como *Castela erecta* y *Caesalpinia coriaria*. En el sotobosque domina la especie *Opuntia caracasana*. Estas especies conforman una cobertura esparcida sobre el terreno no mayor al 20%. Esto implica que la protección del suelo contra los procesos de erosión que ofrece esta comunidad vegetal se cataloga como moderada.

La dominancia de las cactáceas en esta comunidad favorece una alta resistencia a la sequía; este hecho, tal como lo plantean algunos autores (Mauseth, 1993; Nobel, 1988), está relacionado con la ecofisiología de las especies de las cactáceas, que, aunque toleran estrés hídrico, lo hacen mediante mecanismos que evitan los efectos metabólicos de una reducción marcada en el contenido de agua de la célula. Tan pronto como los niveles de humedad de la célula disminuyen por debajo de un umbral relativamente alto, se produce el cierre total de los estomas, por lo que el potencial hídrico a nivel celular mantiene valores elevados (cerca de cero).

Por otra parte, la presencia de *Caesalpinia coriaria* en esta comunidad, conjuntamente con *C. erecta*, ambas catalogadas como especies extremadamente tolerantes a la sequía (González, 2007), son favorecidas por los mecanismos de establecimiento en áreas desérticas donde el sustrato domina a la vegetación, ofreciendo a la comunidad del cardonal-arbustal una muy alta resistencia a la sequía. Esta comunidad representa una superficie cercana al 23% de la Península de Paraguaná (Tabla 4), lo que equivale a unos 620 km².

Bosque deciduo: comunidades dominadas por árboles mayores a 5m de altura, con 2 o 3 estratos definidos. Se caracterizan porque al menos 75% de los individuos arbóreos pierden su follaje durante la época de sequía

(Oliveira-Miranda et al. 2010). El dosel es parcialmente cerrado, lo que le confiere una gran protección al suelo contra procesos erosivos, originados fundamentalmente de las aguas de escorrentía que se generan en estas zonas de alta pendiente, aunado a las lluvias eventuales de alta intensidad, muy comunes en la región. Esta comunidad quedó circunscrita dentro del monumento natural Cerro Santa Ana, específicamente en el piso altitudinal ubicado a los 400msnm, en lo que corresponde a la zona tropófila; ocupa una superficie de 7,52km² que equivale a 0,28% de la superficie de la Península.

Las especies que dominan esta comunidad corresponden a *Coccoloba coronata* y *Eugenia procera*, formas de vida arbórea, catalogadas como caducifolias que presentan un crecimiento estacional como respuesta a una muy baja resistencia a la sequía. Esto se corresponde a lo señalado en la literatura, que existe una predominancia de especies leñosas deciduas en las zonas secas (Aranguren, 2009; Medina, 1995). En el sotobosque, la especie de mayor importancia es *Ipomoea* sp., acompañada de una bromeliaceae denominada *Pitcaimia* sp.

Herbazal litoral: Son comunidades en las que domina el estrato herbáceo, cuya cobertura varía desde abierta hasta densa. En algunos casos están presentes en depresiones salinas de la costa (herbazal litoral halófito) y en otros cubren dunas arenosas de las playas, normalmente no inundadas por el agua marina (herbazal litoral psamófilo). Estas dos comunidades son pobres en especies (Huber y Alarcón, 1988). En la Península de Paraguaná apenas cubren unos 22km² lo que equivale aproximadamente al 1% del territorio (Figura 2; Tabla 4).

Esta comunidad vegetal está dominada por las especies *Sporobolus virginicus*, *Egletes prostrata*, *Sesuvium portulacastrum* y *Gomphrena alba*, todas catalogadas como especies perennes (Lemus y Ramírez, 2002). En

zonas áridas se determinó que las especies herbáceas perennes son más susceptibles a la pérdida de la biomasa aérea durante la temporada de sequía (Vera y Martínez, 2014), por lo que disminuye la cobertura vegetal en esta época haciendo más susceptible el suelo a pérdidas por erosión, especialmente locasionadas por el viento en estas zonas árido-costeras.

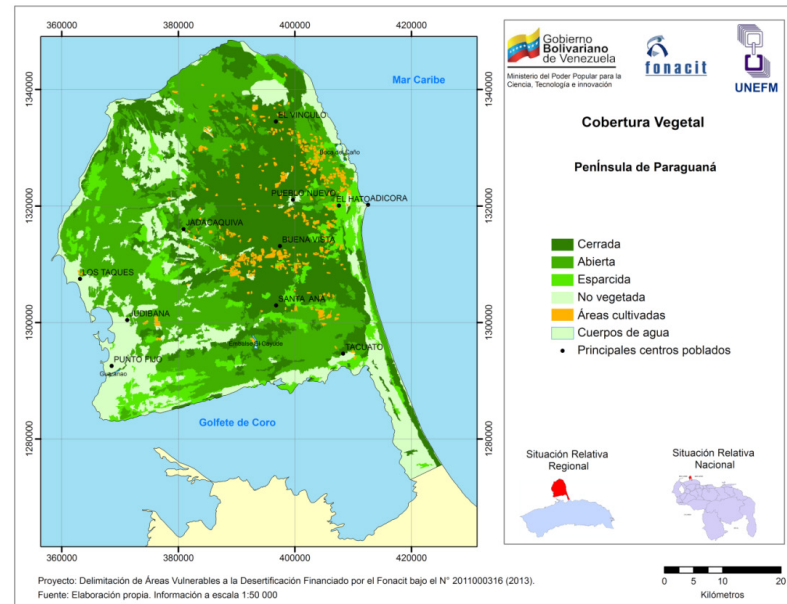
El sustrato edáfico se caracteriza por ser predominantemente arenoso y salino (Matteucci, Colma y Pla, 1982a), lo cual contribuye a que exista poca capacidad de retención de humedad y disponibilidad de agua para las plantas, además del estrés hídrico asociado a la acumulación de sales en el suelo. En este tipo de sustrato, fuertemente influenciado por la salinidad del agua de mar, marcada incidencia del aerosol marino, predominantemente arenoso con baja disponibilidad de nutrientes y reducida capacidad de retención de agua, se establecen poblaciones y comunidades de especies psamófilas y frecuentemente halófitas (Medina, Francisco, Wingfield y Casañas, 2008). En tal sentido, estas comunidades de herbazales manifiestan una alta resistencia al déficit hídrico del suelo, así como al déficit hídrico fisiológico generado por la elevada concentración de sales.

Calidad de la vegetación asociada al tipo de cobertura

En la Figura 3, se muestran las diferentes clases de cobertura vegetal que existen en la Península de Paraguaná. Un 68% aproximado de la superficie (1822 km²) presenta tipos de cobertura que van de abiertas a cerradas, las cuales están asociadas fundamentalmente a comunidades de tipo arbustal, ofreciendo un buen índice de calidad de la vegetación, como se observa en la Figura 4. Sin embargo, es importante mencionar que estas comunidades están fuertemente intervenidas por sistemas agrícolas representados potencialmente por unos 620km² (Rivas et al. 2015), lo cual implica una

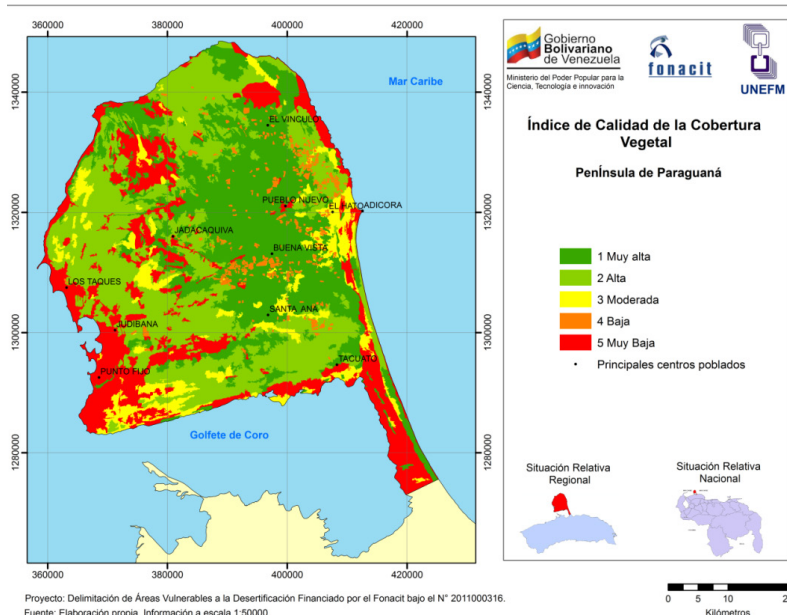
gran presión sobre este tipo de comunidad vegetal en la zona.

Figura 3. Cobertura vegetal de la Península de Paraguaná



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Índice de calidad de la cobertura vegetal



Fuente: elaboración propia

La cobertura vegetal esparcida cubre aproximadamente un 9% del territorio peninsular y aparece en forma de parches ubicados fundamentalmente hacia la zona costera, tanto la nororiental como la occidental. Existe una importante superficie de la Península de Paraguaná con áreas no vegetadas, donde domina el sustrato edáfico, la cual cubre un 20% del territorio, y se encuentra ubicada principalmente hacia la zona centro-occidental en el eje El Cayude-Jadacaquiva-Punta Macolla. Es importante mencionar que estas zonas desprovistas de vegetación aparecen como parches dentro de la matriz de la comunidad vegetal del matorral-arbustal. Estas áreas tienden a tener suelos con poco espesor y baja retención de humedad, bajos niveles de materia orgánica, un pH elevado y fuertemente alcalino (Chirinos, 2014; Penso, 2015) y alto contenido de sales de calcio en el suelo, confiriéndole a este tipo de sustrato poca capacidad para soportar la vegetación. En tal sentido, se ha planteado que estas áreas serían colonizadas fundamentalmente por especies calcícolas (Alarcón, 1990).

Existe en la zona una fuerte actividad caprina y la propia asociada a los asentamientos humanos (extracción de madera para leña y construcción de cercas y corrales), lo que supone la poca capacidad de regeneración de la comunidad de matorral en la Península de Paraguaná. Estas zonas no vegetadas junto a las áreas agrícolas representarían las zonas de muy baja a moderada calidad de la vegetación, en cuanto al índice de cobertura, las cuales suman un 23% de la superficie de la Península de Paraguaná. El incremento en complejidad de las comunidades, por ejemplo, un mayor número de estratos, que implica además un aumento en cobertura y reducción en la proporción de suelo desnudo, podría reducir en alguna proporción la evaporación y aumentar

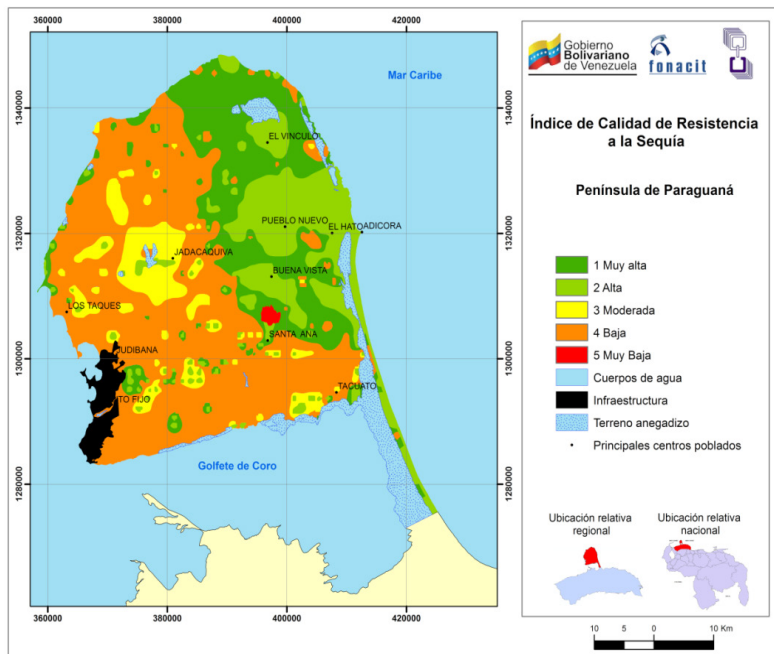
el contenido de agua en el suelo (Barbour, DeJong y Pavlik, 1985), teniendo un efecto protector contra la erosión.

Calidad de la vegetación asociada a la resistencia a la sequía

En la Figura 5 se muestra el índice de calidad de la vegetación, en función de la resistencia a la sequía que presentan los diferentes tipos de comunidades vegetales delimitadas en la Península de Paraguaná. Una superficie de 935,2km² (38,4%) de la zona de estudio presenta índices altos de calidad en cuanto a la resistencia de la vegetación a procesos asociados a déficit hídricos y se ubica preponderantemente hacia la zona oriental de la península, lo cual se corresponde geográficamente con la distribución de las comunidades de arbustal-matorral y cardonal-arbustal.

Como se había mencionado anteriormente, son estas comunidades y las especies dominantes que las conforman las que poseen mecanismos adaptativos muy variados que les permiten establecerse en ambientes donde el recurso hídrico es escaso, además de otras limitantes asociadas al tipo de suelo como son los altos niveles de sales en el estrato superficial, que genera la disminución del potencial osmótico del agua en el suelo. Adicionalmente, la franja costera que va desde el istmo hasta la ensenada de Adicora presenta una alta calidad de resistencia a la sequía. Esta área está cubierta por unos 22km² (0,9% del territorio peninsular) de vegetación de tipo herbazal litoral y herbazal psamófilo (Lemus y Ramírez, 2002), bajo un sustrato predominantemente arenoso y altamente salino.

Figura 5. Índice de calidad de resistencia a la sequía en la Península de Paraguaná.



Fuente: elaboración propia

Las especies que forman parte de esta comunidad de herbazal se han adaptado, a lo largo de su historia evolutiva, a suelos con baja a muy baja disponibilidad de nutrientes y reducida capacidad de retención de agua que está impregnada de grandes cantidades de sales marinas (Cumaná, Sanabria, Leopardi y Guevara, 2012). La disponibilidad de agua es escasa debido a la textura de los suelos predominantemente arenosa, lo que trae como consecuencia una baja capacidad de retención de humedad. En términos generales, las especies que conforman las comunidades vegetales de los herbazales halófilos y psamófilos se caracterizan por la rigidez de sus hojas y un profuso desarrollo del sistema radical que cumple con una doble función: por un lado sirve para fijar la planta al sustrato arenoso, sumamente inestable por estar constantemente movilizado por el viento y por otro lado, el gran desarrollo del sistema radical favorece la absorción de agua disponible sólo en el nivel freático (Taíz y Zeiger,

2002). Todo esto conlleva a la alta resistencia a la sequía en estas comunidades vegetales.

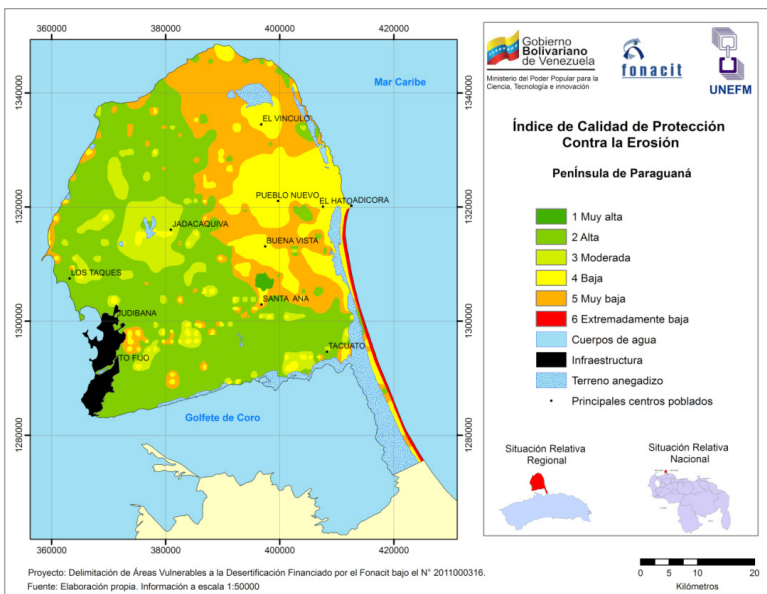
Por otra parte, las áreas de moderada a baja resistencia a la sequía corresponden a un 60,38% de la superficie y están ubicadas hacia la zona occidental de la Península de Paraguaná. Estas áreas corresponden a las comunidades de matorral, con sus variantes de matorral-cardonal y matorral-arbustal. Aun cuando algunas especies leñosas que dominan en estas comunidades (*Caesalpinia coriaria*, *Castela erecta*, *Prosopis juliflora* y *Stenocereus griseus*) presentan variados mecanismos de resistencia a la sequía, los matorrales son las comunidades más alteradas en la Península, presentando las especies dominantes una muy baja cobertura individual, lo cual implica una cobertura predominantemente abierta y/o esparcida en el área de influencia del matorral. Esto favorece el establecimiento en el sotobosque de especies deciduas poco resistentes a la sequía, tal es el caso de *C. flavens* y *L. origanoides*, que hacen uso del recurso hídrico de manera estacional y superficial, por lo cual el sustrato edáfico queda al descubierto en las épocas de extrema sequía.

El área con muy baja resistencia a la sequía representa unos 7,5km² de superficie y corresponde al bosque deciduo ubicado en el Cerro Santa Ana. Esta comunidad ha sido catalogada como altamente vulnerable ante los escenarios de cambio climático, generando la mortalidad de especies arbóreas y la degradación de este tipo de vegetación, por efecto de sequías cada vez más prolongadas (Bernier y Shoene, 2009). Existen evidencias de que el cambio climático provocará cambios en la dominancia, estructura y composición de las comunidades vegetales terrestres (Valladares, Peñuelas, y De Luis Calabuig, 2005).

Calidad de la vegetación asociada a la protección que brinda contra la erosión

En la figura 6 se muestran las áreas con diferentes índices de calidad de la vegetación con respecto a la protección del suelo contra los agentes erosivos tanto hídricos como eólicos. Las zonas con muy alta calidad están circunscritas al bosque deciduo, ubicado en el monumento natural Cerro Santa Ana. Esta comunidad, por su estructura cerrada, ofrece una excelente protección al suelo contra la erosión. Entre otros servicios ambientales, los bosques protegen el suelo y el agua reduciendo la erosión superficial y la sedimentación, filtrando los contaminantes del agua y regulando la escorrentía (García-Fayos, 2004).

Figura 6. Índice de calidad de protección contra la erosión en la Península de Paraguaná



Fuente: elaboración propia.

Aproximadamente un 45% de la superficie (1191km²) presenta una alta protección contra los procesos potenciales de pérdida de suelo. Estas zonas estarían cubiertas por el matorral-arbustal cerrado, el matorral-cardonal cerrado y el matorral-arbustal abierto. Estas

comunidades presentan una fisonomía cuya cobertura oscila entre 20-60%, donde las copas de los árboles y arbustos que las conforman están muy cercanas o muy escasamente separadas. Por otra parte, presentan en el sotobosque una gran cantidad de especies herbáceas formando una buena cobertura. Entre las especies más representativas tenemos: *Croton flavens*, *Lippia origanoides*, *Melochia tomentosa*, *Alternanthera sp.*, *Croton punctatus*, *Opuntia caracasana* y *Melocactus curvispinus*, entre otras.

Sin embargo, hay que mencionar que esta protección contra los procesos erosivos tiene variaciones estacionales. Cuando hay mayor ocurrencia de lluvias, habrá mayor cobertura vegetal y por lo tanto la protección será mayor. De manera inversa, en las épocas de restricción hídrica, cuando la cobertura vegetal de estas plantas herbáceas disminuye, la protección contra la erosión de eventos esporádicos de precipitación de alta intensidad también disminuye.

Las zonas con moderada protección contra la erosión representan una superficie de aproximadamente el 7% del territorio de la península (178km²). Esta moderada calidad está asociada fundamentalmente a las áreas desprovistas de vegetación que están insertas dentro de la comunidad del matorral en una etapa de sucesiones altamente degradada y se presenta como una matriz de parches muy malos o esparcidos. Un 17% de la superficie de la Península de Paraguaná (463km²) presenta una baja calidad con respecto a la protección que brinda la vegetación contra los procesos erosivos.

Esas áreas se corresponden con la comunidad del arbustal-matorral, que, aunque desde el punto de vista de la cobertura podría representar una estructura cerrada en condiciones naturales, también es cierto que esta comunidad vegetal está fuertemente intervenida

por sistemas agrícolas (Rivas et al. 2015) en el eje Santa Ana-Buena Vista-Pueblo Nuevo-El Vínculo. En esta zona se ha desarrollado una actividad hortícola importante, además de la cría de caprinos que se realiza de manera extensiva al libre pastoreo de la vegetación natural. Estas actividades, junto con la tala indiscriminada para la obtención de leña y estantillos, provocan una pérdida constante de la cubierta vegetal, causando problemas de erosión eólica e hídrica que se traducen en el avance de la desertización (Matteucci, Colma y Pla, 1982b).

El desarrollo de sistemas hortícolas, fundamentalmente melón y patilla con fines de exportación, favoreció el incremento de la superficie agrícola bajo riego, lo cual ha conllevado un proceso de salinización de suelos (Fernández, Villafañe y Hernández, 2011; Piña, 2015), específicamente en estas zonas inicialmente ocupadas por arbustales y cardonales. Todo esto en contraposición a una pérdida paulatina de las comunidades vegetales originales. En tal sentido, se ha indicado que desde el punto de vista biofísico, virtualmente todas las consecuencias de la desertificación comienzan con la pérdida o degradación de la vegetación y el suelo (Reynolds, Maestre, Huber-Sannwald, Herrick y Kemp, 2005).

Las zonas con muy bajo índice de calidad de protección contra la erosión representan un 23% del territorio (620km²) y están ubicadas hacia la parte oriental de la península. Tienen una alta correspondencia con las comunidades de cardonal-arbustal, donde la dominancia de la cactácea columnar *Stenocereus griseus* y su menor complejidad estructural, hacen suponer su bajo poder protector al suelo contra la acción de los vientos alisios. Una característica bastante común en esta comunidad es la baja diversidad en el sotobosque, además de la cobertura muchas veces rala de este estrato. Esto hace

que el suelo esté prácticamente desnudo haciéndolo más susceptible a los procesos erosivos.

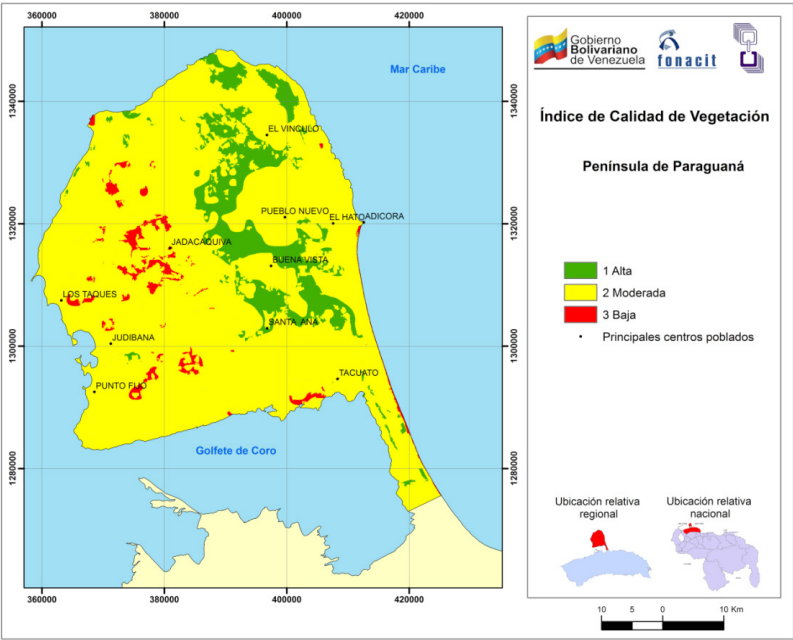
Una superficie aproximada al 1% del territorio presenta la peor condición en cuanto al índice de protección contra la erosión, siendo catalogada como de una calidad extremadamente baja. Esta zona está ocupada por la comunidad de herbazales, las cuales ofrecen muy poca protección contra la acción de los vientos alisios del Norte, producto de las texturas arenosas que generan suelos sin ningún tipo de agregación (gránulos sueltos) y la baja cobertura que ofrece al suelo este tipo de vegetación. Por otra parte, los procesos eólicos son responsables de la entrada del aerosol salino y el transporte de los granos de arena desde las fuentes externas, afectando principalmente la fisionomía de la vegetación y las características del suelo (Kim y Yu, 2009).

Índice de Calidad de Vegetación en la Península de Paraguaná

En la Figura 7 se muestran las diferentes áreas con diferente calidad de vegetación en la zona de estudio. Un 11,4 % del área total de la Península de Paraguaná presenta alta calidad (Tabla 5), lo cual se traduce en una vegetación adaptada a las condiciones de extrema sequía reinantes en la Península. Fundamentalmente, éstas se ubican hacia la zona Oriental, donde la confluencia de suelos de buena profundidad y baja pedregosidad, junto con la prevalencia de clima árido e hiperárido, condicionan la presencia de especies vegetales con mecanismos de adaptación a sequías prolongadas; además las comunidades vegetales de esta zona presentan una cobertura más densa. Todas estas condiciones le otorgan a la vegetación de este sector una baja vulnerabilidad ante procesos de desertificación, específicamente asociados con las sequías cada vez

más prolongadas que se pueden presentar en estos ambientes producto del cambio climático (Mogollón, Rivas, Martínez, Campos y Márquez, 2015). En esta zona predominan las comunidades de tipo arbustal-matorral y cardonal-arbustal, y las especies dominantes son *Caesalpinia coriaria*, *Castela erecta*, *Lippia origanoides*, *Stenocereus griseus* y *Prosopis juliflora*.

Figura 7. Índice de calidad de vegetación en la Península de Paraguaná



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Áreas correspondientes a diferentes clases de calidad de vegetación

Descripción	Índice de calidad de Vegetación	Área (km²)	%
Alta	1	305,08	11,38
Moderada	2	2302,49	85,93
Baja	3	71,98	2,69
	Total	2679,56	100,00

Fuente: elaboración propia.

Un 86% (2302km²) de la superficie presenta una moderada calidad de vegetación, la cual se distribuye prácticamente en toda la Península. Estas zonas con

moderada calidad resultan potencialmente vulnerables al proceso de desertificación, producto del manejo que vienen recibiendo de la ganadería caprina extensiva y el cambio de uso de la tierra hacia sistemas hortícolas intensivos, que propician procesos de salinización y erosión que a corto plazo generan la pérdida total de la cobertura vegetal del suelo.

Aproximadamente un 3% de la Península de Paraguaná presenta áreas con baja calidad de vegetación, ubicadas en el Istmo y en la costa oriental de la Península. Además, se presentan índices de baja calidad de vegetación en áreas con suelos desnudos ubicados en el eje El Cayude-Jadacaquiva-Punta Macolla, dentro de la matriz de la vegetación de tipo matorral. En esta zona existe una alta presión producto del uso tradicional de la tierra catalogado como desgastante, basado en la cría extensiva de ganado caprino y unos pocos cultivos, con escasa tecnología y rendimientos de subsistencia (Matteucci y Colma, 1997), que ha favorecido, paulatinamente, la pérdida de la cobertura vegetal.

Cuando se pierde la cobertura del matorral (por tala, quema o pastoreo), disminuye la infiltración de agua y aumenta la escorrentía. El suelo desnudo promueve la formación de una costra superficial debido al impacto directo de las gotas de lluvia y esta costra física reduce aún más la infiltración de agua (Gutiérrez y Squeo, 2004). Esta reducción en la disponibilidad de agua disminuye las posibilidades de establecimiento y crecimiento de plántulas (reclutamiento de nuevas plantas) y por tanto la cobertura vegetal.

Otra zona importante con índice bajo de calidad de la vegetación corresponde al eje Punto Fijo-Judibana-Los Taques, en las cercanías de zonas urbanas, y demuestra el efecto negativo que ha tenido el desarrollo urbano, industrial y turístico sobre la cobertura vegetal de la

Península de Paraguaná. En tal sentido, investigaciones recientes (Rivas y Mogollón, 2015b) han demostrado que las zonas de Carirubana, Norte, Los Taques y Cardón presentan niveles muy elevados de criticidad ambiental, ubicándose en un estado de intervención de la vegetación crítico y una amenaza poblacional fuerte. De manera general, podría indicarse que estas áreas se asocian a suelos de baja calidad, producto de la reducida capacidad de almacenamiento de agua (texturas gruesas y poca profundidad efectiva), fuerte salinidad y bajos niveles de materia orgánica.

4.- Conclusiones

Las comunidades vegetales que existen en la Península de Paraguaná están determinadas por condiciones físicas del ambiente extremas, especialmente por el elevado déficit hídrico, altas temperaturas, radiación y tasas evapotranspirativas, aunado a un sustrato edáfico de poco desarrollo, con baja capacidad de retención de humedad y altos niveles de sales.

Las áreas más vulnerables a la desertificación están representadas por las comunidades vegetales de matorral y arbustal, producto del manejo que vienen recibiendo estas comunidades por las actividades de ganadería caprina extensiva a libre pastoreo, que condiciona la pérdida de la cobertura vegetal del matorral, y genera el incremento paulatino de las superficies con suelos desnudos, altamente degradados por efecto de la erosión. Estas zonas cubren un alto porcentaje de la superficie de la Península de Paraguaná (mayor al 70%), las cuales ofrecen una moderada calidad del recurso vegetal, pero que resultan potencialmente vulnerables al proceso de desertificación producto del manejo que vienen recibiendo estas áreas.

La pérdida de la vegetación constituye una de las principales preocupaciones de los científicos dedicados al estudio de la degradación de tierras secas, debido a

que la dinámica que presenta el componente vegetal en las zonas áridas y semiáridas resulta ser un excelente indicador para revelar procesos de desertificación en estos ambientes extremos.

Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) por el financiamiento recibido a través del Proyecto “Delimitación de Áreas Vulnerables a la Desertificación en la Península de Paraguaná, como base para la Planificación de la Gestión Ambiental”, Código 2011000316.

Referencias bibliográficas

- Alarcón, C. (1990). *Relaciones hídricas y nutricionales en árboles caducifolios y perennifolios de una comunidad calcicola de la Península de Paraguaná*. Tesis Inédita de Maestría, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Alarcón, C. y Díaz, M. (1993). “Relaciones hídricas y nutricionales de *Prosopis juliflora* en las zonas semi-áridas al norte de Venezuela”. *Biología Tropical*. 45, 111-116
- Aranguren, A. (2009). Caracterización de comunidades leñosas estacionalmente secas premontanas y montanas en el estado Mérida. Tesis Inédita de Doctorado en Ecología Tropical. Universidad de los Andes, Mérida.
- Barbour, M., Dejong, T. y Pavlik, B. (1985). Marine beach and dune plant communities. En B.F. Chabot y H.A. Mooney (eds), *Physiological ecology of North American plant communities*. (pp. 299-322). New York: Chapman y Hall.
- Beard, J. (1955). “The classification of tropical american vegetation-types”. *Ecology*. 36, 89- 100.

- Bernier, P. y Shoene, D. (2009). "La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto". *Unasylva*. 60, 5-11
- Chirinos, R. (2014). *Evaluación de la salinidad y sodicidad del suelo en los Municipios Carirubana y Los Taques de la Península de Paraguaná y su relación con algunos factores edáficos y ambientales*. Trabajo Especial de Grado Inédito de Licenciatura en Ciencias Ambientales. UNEFM, Coro, Venezuela.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. (2da. edición). Madrid: Rialp.
- Clinch, N., Bennison, J. y Paterson, R. (1993). *Use of Trees by Livestock 1: Prosopis*. Chatham: Natural Resources Institute, UK.
- Cumaná, L. (1999). "Caracterización de las formaciones vegetales de la Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela". *Saber*. 11, 7-16.
- Cumaná, L., Sanabria, M., Leopardi, C. y Guevara, Y. (2012). "Inventario y clave para especies en herbazales halófilos y psamófilos litorales terrestres del estado Sucre, Venezuela, depositadas en el herbario IRBR". *Pittieria*. 36, 117-140.
- De Mico, V. y Aronne, G. (2012). Morpho-anatomical traits for plant adaptation to drought. In: R. Aroca (Ed), *Plant response to drought stress* (pp. 37-61). Berlin: Springer Verlag.
- Díaz, M. (2001). "Ecología experimental y ecofisiología: Bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neotropicales". *Interciencia*. 26, 472-478.
- Di Gregorio, A. (2005). *Land cover classification system. Classification concepts and user manual for software version 2*, FAO Environment and natural resources services series. N° 8, Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/008/y7220e/y7220e00.htm>.
- FAO. (2000). El género prosopis "algarrobos" en América Latina y el Caribe. Distribución, bioecología, usos y manejo. Recuperado de: http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/_AD314S01.htm.
- Fernández, A., Villafañe, R. y Hernández, R. (2011). "Calidad del agua de riego y afectación de los suelos por sales en la Península de Paraguaná, Venezuela". *Agronomía Tropical*. 61, 253-265.
- Fernández García, F. (1995). *Manual de climatología aplicada*. Madrid: Síntesis.
- Fisher, R. y Turner, N. (1978). "Plant productivity in the arid and semiarid zones". *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 29, 277-317.
- García-Fayos, P. (2004). Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En F. Valladares (Ed), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A.
- González, V. (2007). "La vegetación de la Isla de Margarita y sus interrelaciones con el ambiente físico". *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 167, 131-161.
- Gutiérrez, J. y Squeo, F. (2004). "Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile". *Ecosistemas*. 13, 36-45.

- Huber, O. y Alarcón, C. (1988). *Mapa de vegetación de Venezuela 1:2.000.000*. Caracas: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, The Nature Conservancy, Fundación Bioma.
- Jaccard, P. (1908). "Nouvelles recherches sur la distribution florale". *Bulletin de la Societé Vaudoise des Sciences Naturelles*. 44, 223-270.
- Kim, D. y Yu, K. (2009). "A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology". *Plant Ecology*. 202, 135-148.
- Kosmas, C., Kirby, M. y Geeson, N. (1999). *Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. Bruselas: Office for Official Publications of the European Communities.
- Lambers, H., Chapin, F.S. III. y Pons, T. (2008). *Plant physiological ecology*. (2da. edición). New York: Springer-Verlag.
- Lemus, L. y Ramírez, N. (2002). "Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de la Península de Paraguaná". *Acta Científica Venezolana*. 53, 266-278.
- Matteucci, S., Colma, A. y Pla, L. (1982a). "Análisis ecológico regional del estado Falcón". *Acta Científica Venezolana*. 33, 78-87.
- Matteucci, S., Colma, A. y Pla, L. (1982b). "Desertification maps of Falcón State". *Environmental Conservation*. 9, 1-8.
- Matteucci, S. (1986). "Las zonas áridas y semiáridas de Venezuela". *Revista Zonas Áridas*. 4, 41-56.
- Matteucci, S. (1987). "The vegetation of Falcon State". *Vegetatio*. 70, 67-91.
- Matteucci, S. y Colma, A. (1997). "Agricultura sostenible y ecosistemas áridos y semiáridos de Venezuela". *Interciencia*. 22, 123-130.
- Matteucci, S. y Colma, A. (1998). El Papel de la Vegetación como Indicadora del Ambiente. En: S.D. Matteucci y G. Buzai (Eds), *Sistemas Ambientales Complejos: herramientas de análisis espacial*. Buenos Aires: Eudeba.
- Matteucci, S., Colma, A. y Pla, L. (1999a). "Biodiversidad vegetal el árido falconiano (Venezuela)". *Interciencia*. 24, 300-307.
- Matteucci, S., Colma, A. y Pla, L. (1999b). Bosques secos tropicales del estado Falcón, Venezuela. En S. Matteucci, O. Solbrig, J. Morelo, y G. Halffter (Eds.), *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica* (pp.339-420). Buenos Aires: Eudeba-Unesco.
- Mauseth, J. (1993). "Water storing and cavitation preventing adaptations in wood". *Annals Botany*. 72, 81-89.
- Medina E., Marín, D. y Olivares, E. (1985). "Ecophysiological adaptations in the use of water and nutrients by woody plants of arid and semi-arid tropical regions". *Medio Ambiente*. 7, 91-102.
- Medina, E. (1995). Diversity of life form of higher plants in neotropical dry forests. En S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (Eds), *Seasonally Dry Tropical Forests*. California: Cambridge University Press.

- Medina E., Francisco, A., Wingfield, R. y Casañas, O. (2008). "Halofitismo en plantas de la costa Caribe de Venezuela: Halófitas y Halotolerantes". *Acta Botánica Venezuelica*. 31, 49-80.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). (1993). Mapa de la vegetación de Venezuela 1:250.000 [electrónico]. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección General de Información e Investigación de Ambiente, División de Vegetación.
- Mogollón J.P., Rivas, W., Muñoz, B., Martínez, A., Márquez, E., Arrieta, L., Lemus, L., Colmenares, M., Campos, Y. y Hernández, S. (2015a). "Calidad del suelo como indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela". *Croizatia*. 16, 7-24.
- Mogollón J.P., Rivas, W., Márquez, E., Lemus, L., Colmenares, M., Muñoz, B., Martínez, A., Hernández, S., Arrieta, L., Campos, Y. (2015b). "Delimitación de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la Península de Paraguaná, Venezuela". *Croizatia*. 16, 51-73.
- Mogollón J.P., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y. y Márquez, E. (2015). "Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela". *Multiciencias*. 15, 271-280.
- Morgan, J. (1984). "Osmoregulation and water stress in higher plants". *Annual Review Plant Physiology*. 35, 299-319.
- Nobel, P. (1988). *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. New York: Cambridge University Press.
- Odum. E. (1995). *Ecología peligra la vida*. (2da edición). México, D.F.: Interamericana McGrawHill.
- Oliveira-Miranda, M., Huber, O., Rodríguez, J.P., Rojas-Suárez, F., Oliveira-Miranda, R., Hernández-Montilla, M. y Zambrano-Martínez, S. (2010). Riesgo de eliminación de los ecosistemas terrestres de Venezuela. En J.P. Rodríguez, F. Rojas-Suárez y D. Giraldo (Eds), *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela* (pp. 109-235). Caracas: Provita, Shell Venezuela, Lenovo Ediciones.
- Penso, M. (2015). *Determinación de un índice de fertilidad química de los suelos en el Municipio Falcón, Península de Paraguaná con fines de Planificación Agrícola*. Trabajo Especial de Grado Inédito de Ingeniería Agronómica. UNEFM, Coro, Venezuela.
- Piña, E. (2015). *Evaluación de la salinidad como indicador del proceso de desertificación en suelos agrícolas bajo diferentes usos de la tierra en la Península de Paraguaná estado Falcón, Venezuela*. Trabajo Especial de Grado Inédito de Licenciatura en Ciencias Ambientales. UNEFM, Coro, Venezuela.
- Plan Ordenamiento Territorial del Estado Falcón (POTEF). (2015). Santa Ana de Coro: Gobernación del estado Falcón.
- Reynolds J., Maestre, F., Huber-Sannwald, E., Herrick, J. y Kemp, P. (2005). "Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación". *Ecosistemas*. 14, 3-21.
- Rivas, W., Mogollón, J.P., Muñoz, B., Márquez, E., Martínez, A., Lemus, L., Colmenares,

- M., Campos, Y. y Hernández, S. (2015). "Caracterización de la sequía agrícola en el área de producción de cultivos de la Península de Paraguaná periodo 1971 - 2000, estado Falcón, Venezuela". *Croizatia*. 16, 75-84.
- Rivas, W. y Mogollón, J.P. (2015a). "Calidad de gestión como un indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela". *Croizatia*. 16, 37-49.
- Rivas, W. y Mogollón, J.P. (2015b). "Calidad de clima como un indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela". *Croizatia*. 16, 25-35.
- Silva, S. (1988). *Prosopis juliflora* (SW) DC in Brazil. In The current state knowledge on *Prosopis juliflora*. International Conference on *Prosopis*. FAO, Roma. p,29-58.
- Sokal, R. y Michener, C. (1958). "A Statistical Methods for Evaluating Systematic Relationships". *Kans. Univ. Sci. Bull.* 38, 1409-1438.
- Taíz L. y Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. (3ra. edición). Massachusett: Sinauer Association Inc.
- Travlos. I. y Chachalis, D. (2008). "Drought adaptation strategies of weeds and others neglected plants of arid environments". *Plant Stress*. 2, 40-44.
- USGS. (2013). Imagen Landsat 8 escena LC80060522013240LGN00. Servicio Geológico de Estados Unidos. Recuperado de: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Valladares, F., Peñuelas, J. De Luis Calabuig, E. (2005). Impactos sobre los ecosistemas terrestres. En J.M. Moreno (Ed), *Evaluación preliminar del impacto en España por efecto del cambio climático*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Vera, A. y Martínez, M. (2014). "Rasgos ecológicos de un arbustal xerófilo perturbado del municipio Miranda, estado Zulia, Venezuela". *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*. Supl. 1, 349-364.
- Younis, M., Gilabert, M. y Meliá, J. (1999). "La dinámica de la vegetación como indicador de la desertificación en la cuenca del Guadalentín, SE España". *Revista de Teledetección* 1, 1-4.