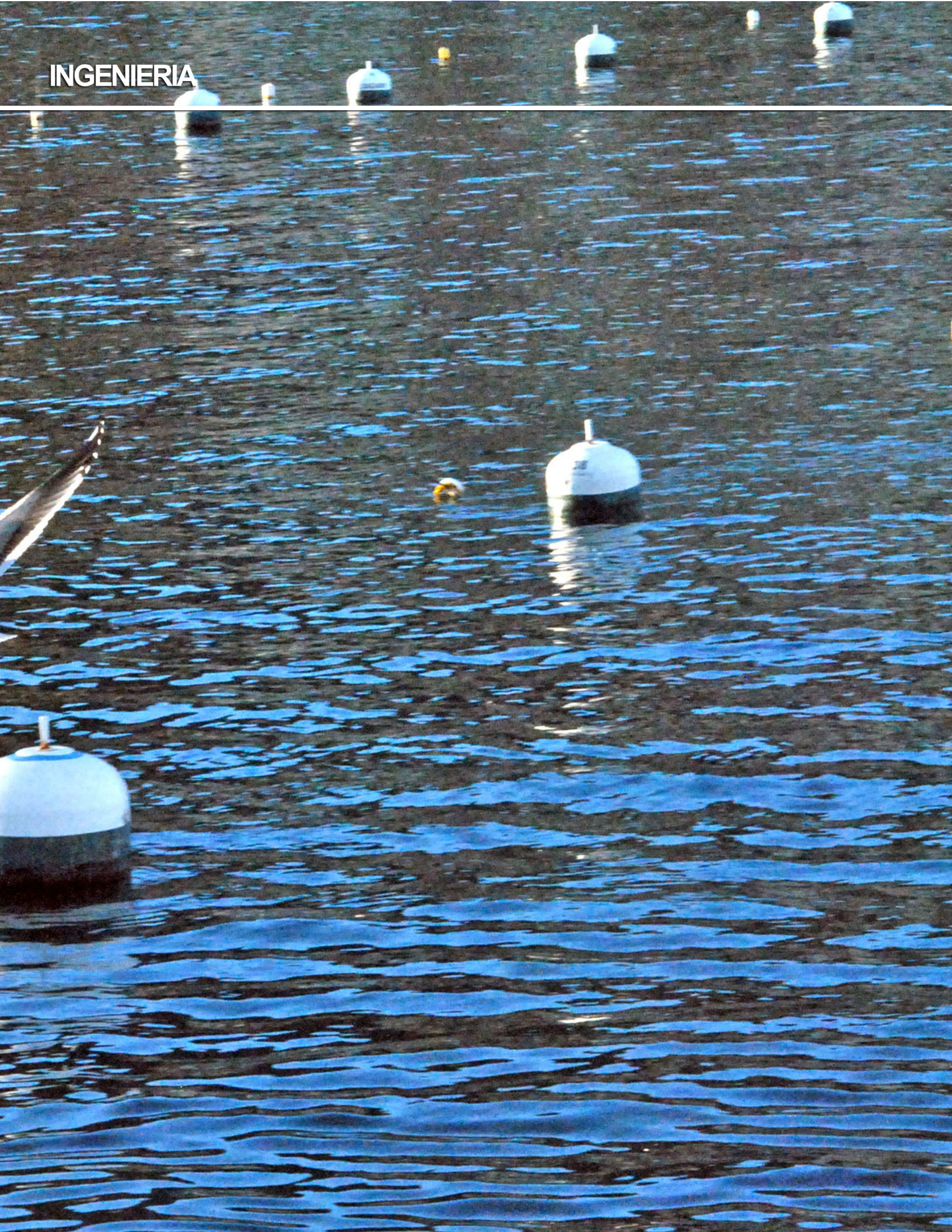


INGENIERIA



INGENIERIA



PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS ASOCIADOS A LA DESERTIFICACIÓN EN LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA.

José Pastor Mogollón¹, Wilder Rivas², José Gregorio Rivas³ y Alicia Martínez⁴

Recibido: 03 de julio 2017

Evaluated: 15 de agosto 2017

Aceptado: 10 de septiembre 2017

RESUMEN

La desertificación ocurre a partir de la degradación de la tierra en las zonas áridas y semiáridas resultante de diversos factores, entre los que se encuentran las variaciones climáticas y el cambio de uso de la tierra. Entre los procesos relacionados a la desertificación de tierras tenemos los siguientes i) salinización; ii) reducción de la materia orgánica del suelo; y iii) erosión hídrica. Estos procesos fueron evaluados en la Península de Paraguaná a objeto de delimitar áreas con diferentes niveles de desertificación. La metodología consistió en recopilación de información documental y de campo de cada uno de las variables relacionadas a los procesos mencionados. Una alta proporción de los suelos del municipio presenta problemas de ligera salinidad (54% del territorio) y un 27% son suelos salinos. El cambio de uso de la tierra generó un efecto significativo en la reducción de la materia orgánica del suelo, siendo el uso bajo cultivo de melón el que produjo mayores valores de pérdida en este parámetro, las cuales estuvieron entre un 50 a un 70% en tiempos relativamente cortos, de 15 a 20 años. La erosionabilidad del suelo presentó valores moderadamente altos (mayores a 0,03 t.ha.h.MJ-1. ha-1.mm-1), lo cual expresa la susceptibilidad del suelo a ser separado y transportado por la lluvia y el flujo superficial.

Palabras Claves: zonas áridas; salinización del suelo; degradación de tierras; erosionabilidad; pérdida de materia orgánica.

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 Agregado. Universidad Francisco de Miranda. Unidad de Investigación en Estudios Ambientales y Biodiversidad. Santa Ana de Coro. Venezuela. wrivas@yahoo.com

³Venezolano. Geógrafo. Profesor Instructor. Universidad de los Andes. Departamento de Geografía, Escuela de Ciencias Forestales. Mérida. Venezuela. jgrivas_03@gmail.com

⁴Venezolana. Licenciada en Química. MSc en Educación Ambiental. Profesora Asociada. Universidad Politécnica Territorial Alonso Gamero. Departamento de Química. Santa Ana de Coro. Venezuela. aliciadmogollon@gmail.com

PROCESS OF SOIL DEGRADATION ASSOCIATED WITH DESERTIFICATION IN THE PARAGUANA PENINSULA, VENEZUELA

José Pastor Mogollón¹, Wilder Rivas², José Gregorio Rivas³ y Alicia Martínez⁴

Received: July 03, 2017

Evaluated: August 15, 2017

Accepted: September 10, 2017

ABSTRACT

Desertification occurs as a result of land degradation in arid and semi-arid zones resulting from various factors, including climatic variations and land use change. Among the processes related to desertification of land we have the following i) salinization; ii) reduction of soil organic matter; and iii) water erosion. These processes were evaluated in the Falcon municipality of the Paraguana Peninsula in order to delimit areas with different levels of desertification. The methodology consisted in the compilation of documentary and field information of each one of the variables related to the mentioned processes. A high proportion of the soils of the municipality presents problems of slight salinity (54% of the territory) and 27% are saline soils. The change in land use generated a significant effect on the reduction of soil organic matter, with the use of melon cultivation leading to higher losses of organic matter, which were between 50-70 % in relatively short times, from 15 to 20 years. Soil erodibility presented moderately high values (greater than 0.03 t.ha.h.MJ-1.ha-1.mm-1), which expresses the susceptibility of the soil to be separated and transported by rain and surface flow.

Keywords: Arid zones; soil salinization; land degradation; erosionability; organic matter depletion.

PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DE SOLOS ASSOCIADOS COM DESERTIFICAÇÃO NA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA

José Pastor Mogollón¹, Wilder Rivas², José Gregorio Rivas³ y Alicia Martínez⁴

Recebido: 03 de julho de 2017

Avaliado: 15 de agosto de 2017

Aceito: 10 de setembro de 2017

RESUMO

A desertificação ocorre a partir da degradação de terra em zonas áridas resultante de vários fatores, entre os quais são variações climáticas e mudanças do uso da terra. Entre os processos relacionados com desertificação da terra, temos os seguintes: i) salinização; ii) a redução de matéria orgânica no solo; e iii) erosão pela água. Estes processos foram avaliados na Península Paraguaná a fim de delimitar áreas com diferentes níveis de desertificação. A metodologia consistiu na coleta de informação documental e de campo de cada uma das variáveis relacionadas a estes processos. Uma elevada proporção de solos no município apresenta problemas de leve salinidade, 54% do território e 27% são solos salinos. A mudança do uso da terra resultou num efeito significativo na redução da matéria orgânica do solo, o cultivo do melão produziu os mais elevados valores de perda da matéria orgânica, entre 50 a 70%, em tempos relativamente curtos de 15 a 20 anos. A Erodibilidade do solo apresentaram valores moderadamente elevados (superior a 0,03 t.ha.h.MJ-1.ha-1.mm-1), o que expressa a susceptibilidade de solo a ser separado e transportado pela chuva e pelo escoamento superficial.

Palavras-chave: áreas áridas; salinização do solo; degradação do solo; Erodibilidade; perda de matéria orgânica.

Introducción

La actividad agraria y especialmente la utilización del riego desde su comienzo ha provocado situaciones de salinización cuando las técnicas aplicadas no han sido las correctas. Dentro de este contexto, se observa que el empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra de las causas que provocan situaciones de altas concentraciones de sales que contaminan los acuíferos y como consecuencia los suelos que reciben estas aguas. La salinidad, además de afectar el crecimiento de las plantas, puede ejercer un proceso adverso sobre la biota y sobre los procesos biológicos esenciales que mantienen la calidad de un suelo (Mogollón, Torres y Martínez, 2010). Además, en algunos casos, puede conducir a la sodificación del suelo, con las consiguientes consecuencias negativas de degradación de la estructura del suelo y esto pone en riesgo la viabilidad técnica y económica de los cultivos, dando lugar, incluso, al abandono de tierras.

Otro de los procesos de degradación del suelo en zonas secas es la pérdida de materia orgánica. Además de ser un sumidero, el suelo es un reservorio de carbono estabilizado; sin embargo, cuando se produce algún cambio de uso de la tierra, este puede transformarse en una fuente de dióxido de carbono, (CO_2) según lo plantean Sánchez et al. (2011). Mogollón et al. (2015a) señalan que las pérdidas varían entre un 20% al 70% del carbono orgánico del suelo (COS) inicialmente presente, lo que lo convierte en la mayor de estas en los primeros 20 años del cambio de uso.

Entre las diferentes formas de degradación de los suelos se tiene a la erosión hídrica como uno de los principales procesos que afectan las cuencas hidrográficas. A nivel mundial, los efectos de la erosión hídrica son más notorios en grandes zonas ubicadas entre las latitudes

15-35° N, las cuales son las más secas y calientes. Oldeman (1994), estima que la degradación de suelo a nivel mundial por efecto de la erosión hídrica es de 10,94 millones de km^2 , lo que convierte a este proceso como el principal fenómeno de degradación del suelo. En la zona árida del estado Falcón se ha observado en los últimos años un proceso de degradación continua de la tierra debido a la predominancia de sistemas agrícolas inapropiados (Torres, Rodríguez, Yendis, Florentino y Zamora 2006; Mogollón et al., 2010). Esto ha traído como consecuencia el incremento de suelos afectados por sales, erosión hídrica y eólica, lo que resulta en reducción de la fertilidad de los suelos, disminución en la cantidad y calidad de agua disponible para los cultivos, y pérdida de la biodiversidad animal y vegetal. Todos estos procesos de degradación actúan de manera simultánea en ambientes altamente vulnerables, como las zonas áridas de la Península de Paraguaná (Mogollón et al., 2015b), lo cual da origen a la desertificación. El objetivo de este trabajo fue evaluar los procesos de degradación de suelos en la Península de Paraguaná, estado Falcón, y dar a conocer la magnitud de estos fenómenos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Península de Paraguaná se ubica en el extremo norte central del estado Falcón. Constituye la parte más septentrional de la tierra firme venezolana en el Mar Caribe. Abarca aproximadamente unos 2.684 km^2 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 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 (MINTUR, 2009).

Características de la zona de estudio.

En cuanto a los aspectos climáticos, la Península de Paraguaná constituye una de las zonas más secas del país. Se enmarca dentro del medio bioclimático árido e hiperárido (Rivas y Mogollón, 2015), y se caracteriza por presentar precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 200 mm y 400 mm, y evaporaciones medias anuales entre los 2.700 mm y 3.300 mm. Se encuentra gran fuerza en los vientos, con velocidades que pueden llegar hasta 35 kilómetros por hora. La precipitación presenta un máximo en los últimos meses del año, con el mes de noviembre como el más lluvioso, con un promedio de 60 mm. La temperatura promedio está entre 27° y 28 °C. Más hacia el suroeste del cerro Santa Ana, la humedad es más fuerte ya que es atrapada por los vientos alisios. En general el clima se caracteriza por presentar un déficit de humedad durante casi todo el año (9 a 12 meses).

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 5 m) de uno o dos estratos. Aún dentro de un mismo grupo, la arquitectura de la comunidad varía, dependiendo de su cobertura total (desértica, rala o densa) (Matteucci, Colma y Pla, 1999).

Los suelos que predominan en la Península de Paraguaná y asociado a las condiciones climáticas, son los Aridisoles, incluyendo suelos poco profundos sobre lomeríos y profundos en las planicies y valles.

Estos suelos frecuentemente se encuentran afectados por salinidad y tienen texturas medias a finas. También se encuentran Entisoles superficiales y rocosos sobre vertientes erosionadas y Entisoles aluviales, profundos en los valles (Schargel, 2011).

Muestreo de Suelos

El muestreo fue realizado en toda la Península de Paraguaná de manera sistemática (a partir de una malla o red), con una intensidad de muestras cada 4 km² (Mogollón et al., 2015b), para un total aproximado de 690 puntos de muestreo (Figura 1). Esto permitió generar mapas para cada una de las propiedades relacionadas a la degradación por salinidad, erosión y pérdida de materia orgánica, a escala de 1:50.000.

Las muestras fueron colectadas a una profundidad de 0-25 cm que corresponde a la capa arable del suelo, y donde se supone está concentrada gran parte de la fertilidad del mismo (Mogollón et al., 2015a). Por otra parte, a partir de la malla de muestreo anterior, se seleccionaron algunos puntos que corresponden a sitios con diferentes usos de la Tierra: a) sistema de melón con riego por goteo, b) sábila y c) maíz bajo condiciones de tempero y d) vegetación natural para cada cultivo evaluado. Cada una de estas condiciones permitió evaluar el estado actual de degradación del suelo, en base al uso predominante.

Variables evaluadas

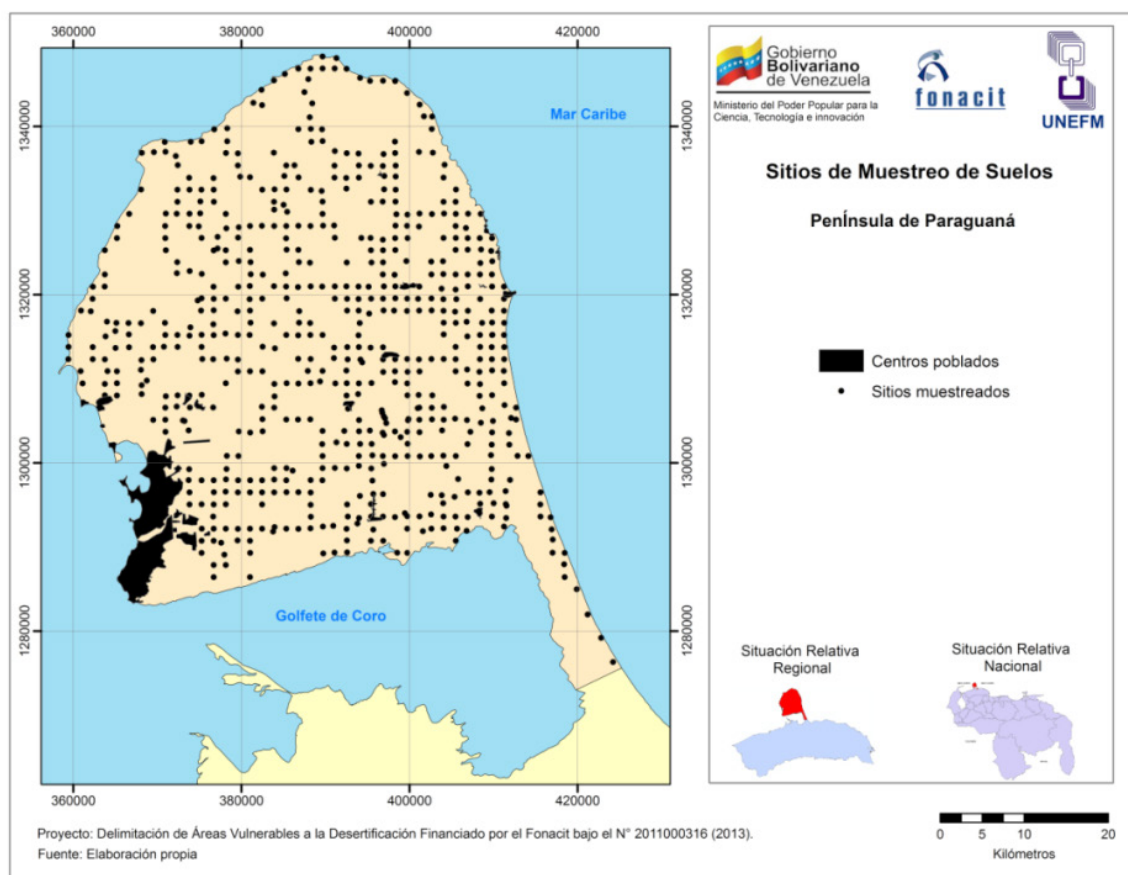
La variable independiente fue el tipo de uso de la tierra o cultivos establecidos en las zonas y las variables dependientes son los valores cuantificables como conductividad eléctrica (CE) como indicador de la salinidad del suelo, el porcentaje de sodio intercambiable como índice de sodificación del suelo,

y el carbono orgánico asociado a la evaluación de las pérdidas de materia orgánica.

Para estimar el riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica se aplicó el método propuesto por el Proyecto CORINE, el cual integra factores clima, suelo, topografía vegetación, para así determinar la

erosión actual y potencial mediante un modelo empírico (FAO, 1992). Las variables utilizadas fueron: a) suelo (textura, profundidad, y pedregosidad); b) clima (índice modificado de Fournier e índice de aridez); c) topografía (pendiente); y d) vegetación (cobertura vegetal), según lo planteado por Rivas (2016).

Figura 1. Área de estudio con los sitios de muestreo de suelos.



Fuente: Mogollón et al., 2015b

Para el análisis y representación de la información cartográfica se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap® 10.3 y software QGIS versión 2.10.1, los cuales permiten capturar, almacenar, manipular, analizar, desplegar e imprimir información espacialmente referenciada. A partir del uso de los mismos, las variables seleccionadas para el diseño de los mapas temáticos fueron sometidas a métodos

y procesos geoestadísticos con el fin de generar los productos deseados.

Resultados y discusión

Salinidad y sodicidad del suelo

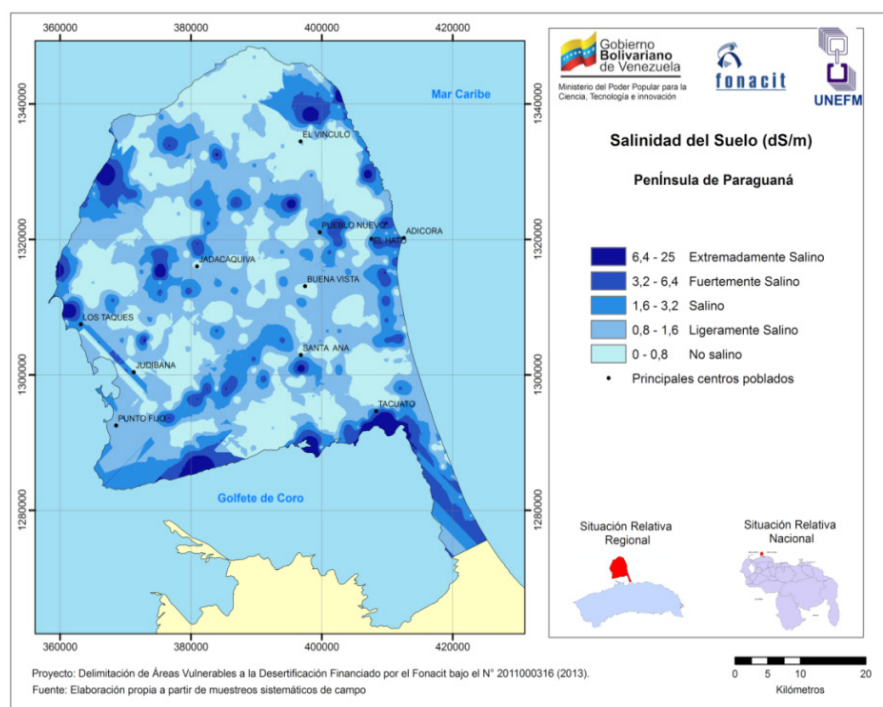
En la Figura 2 se muestra la distribución espacial de la salinidad del suelo. Se observa que los suelos

fuertemente salinos y extremadamente salinos se encuentran fundamentalmente ubicados hacia la costa tanto occidental como oriental, así como en la zona inundable del istmo de Paraguaná y algunas salinetas. Ocupan aproximadamente un 10% de la superficie (254 km²). Los suelos salinos y ligeramente salinos ocupan un 56% de la superficie de la península (1504 km²), distribuidos hacia la zona central y occidental de la península. Mientras que los suelos no salinos ocupan un 34% de la superficie (921 km²) y se distribuyen a manera de parches en toda la Península.

Se ha señalado en la literatura que el uso de la tierra bajo cultivo agrícola que mayor degradación del suelo genera en la zona de estudio es el melón (*Cucumis melo* L.), ya que en áreas donde se desarrolla la producción de este rubro se manifiestan problemas de salinización y sodificación del suelo. Todo esto es producto de la aplicación excesiva de fertilizantes al suelo, así como el uso de sistemas de riego inadecuados y con aguas de mala calidad (Maseda, 2014; Zamora, Torres, Rodríguez y Zamora, 2008).

La salinidad es uno de los factores que tiene una gran influencia en los procesos de desertificación. Según García y Correa (2010) la salinidad, en algunas de sus manifestaciones, ha sido la causa, en mayor o menor grado, de la reducción de la capacidad productiva de los suelos en muchas regiones del mundo, y aun del ocaso de muchas civilizaciones. La salinización del suelo se da normalmente en los suelos desarrollados en condiciones climáticas en donde la precipitación es menor a la evapotranspiración y asociado a condiciones de mal drenaje (Nabi, 1995). En la Península de Paraguaná ya comienzan a mostrarse algunas evidencias del cultivo intensivo y altamente tecnificado de algunos rubros como el melón (*C. melo*) y la cebolla (*Allium cepa* L.) y su relación con la acumulación de sales en el suelo, producto del desbalance entre los aportes y las salidas en el perfil. Esto es consecuencia de la mala calidad del agua de riego, del uso de una excesiva fertilización, y la poca efectividad de las lluvias en el lavado (Mogollón, Martínez y Rivas, 2014; Fernández, Villafañe y Hernández, 2011).

Figura 2. Salinidad del suelo en la Península de Paraguaná.

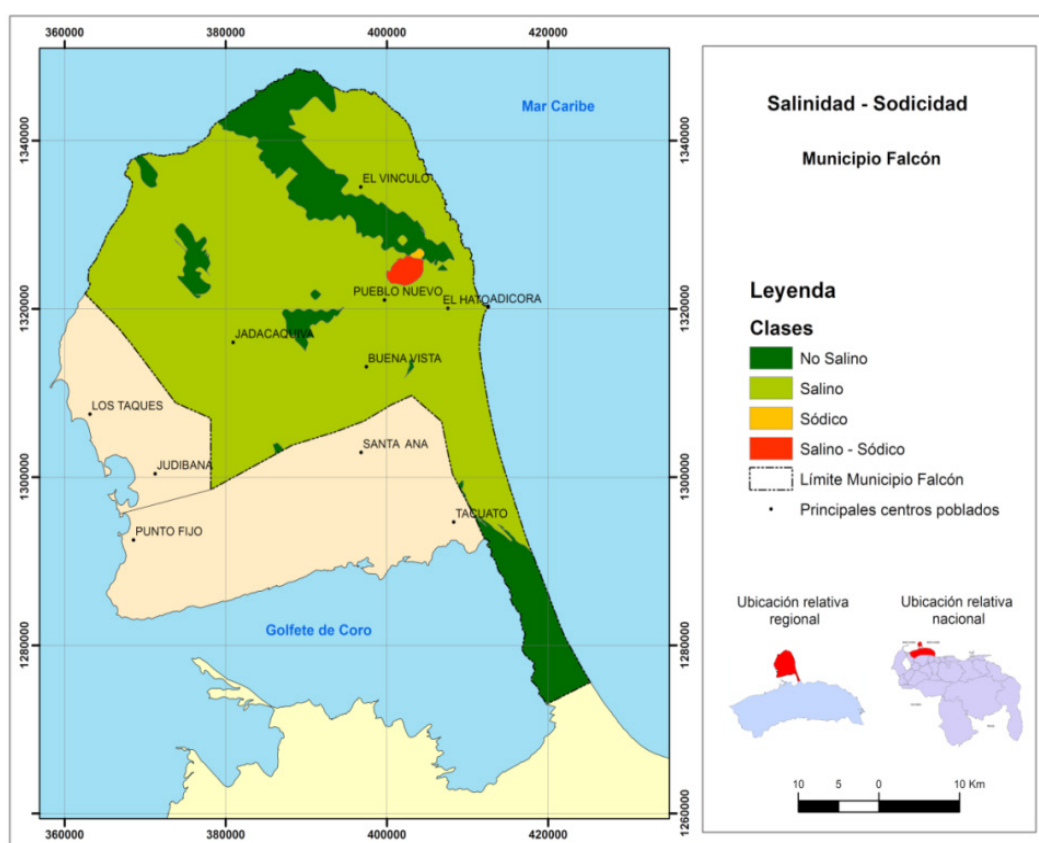


Fuente: Mogollón et al., 2015b

La Figura 3 corresponde al mapa de distribución de las áreas con problemas de salinidad-sodicidad en el municipio Falcón de la Península de Paraguaná. Este mapa fue elaborado a partir del cruce de la información entre valores de la conductividad eléctrica (CE) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo, a

objeto de establecer la distribución espacial de suelos salinos, sódicos y salino-sódicos en el municipio (Linares, 2015). Los suelos no salinos se ubican hacia la parte nor-central del municipio y ocupan una superficie del 18,20 % del territorio.

Figura 3. Mapa de salinidad-sodicidad en los suelos del municipio Falcón de la Península de Paraguaná.



Fuente: Linares (2015).

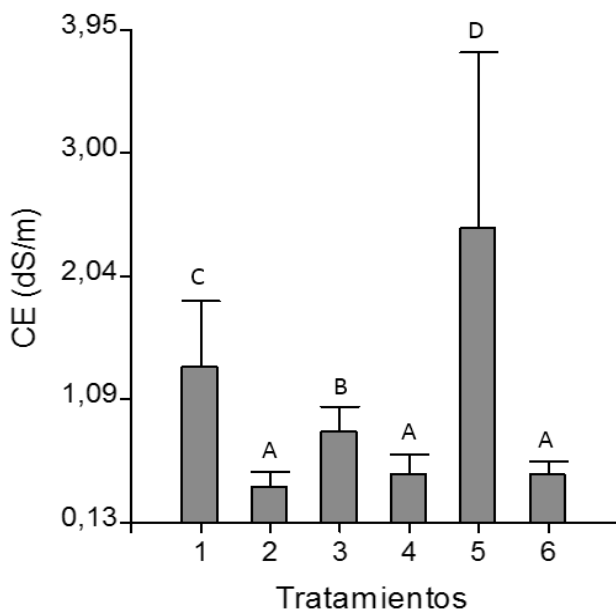
La mayor proporción del área municipal la ocupan los suelos salinos con un 81,04 %, y los suelos salino-sódicos ocupan aproximadamente 1% de la superficie. Los suelos afectados por salinidad-sodicidad se ubican fundamentalmente hacia el sector Pueblo Nuevo, por lo que podría inferirse que este tipo de degradación química estaría fuertemente relacionado al uso predominante

de la tierra en esas zonas, con una actividad agrícola altamente intensiva, con uso de fertilizantes químicos, y riego con aguas de mala calidad, lo que estaría generando la degradación de estos suelos. Los suelos sódicos apenas ocupan un 0,082% del territorio, y de igual manera están ubicados hacia las zonas de mayor actividad agrícola.

Los suelos salino-sódicos presentan un exceso de sales solubles, principalmente de tipo sódicas. Es importante resaltar que desde el punto de vista agrícola presentan un problema que requiere de medidas especiales y prácticas de manejo adecuadas, ya que en este tipo de suelos se altera la productividad de los cultivos, lo que causa depresión significativa (Goykovic y Saavedra, 2007).

En la Figura 4 se puede observar que los valores de conductividad eléctrica (CE) son más altos para el tipo de uso de la tierra con sábila (TUT-Sábila), el cual supera los 2 dS/m. Esto implica que los suelos son fuertemente salinos, seguido de los suelos con el tipo de uso de la tierra con melón bajo riego por goteo (TUT-Melón), con valores de 1,34 dS/m, lo cual cataloga estos suelos como salinos.

Figura 4. Valores de salinidad para los principales usos de la tierra en la Península de Paraguaná. T1: TUT-Melón; T2: TUT-VN-Melón; T3: TUT-Maíz; T4: TUT-VN-Maíz; T5: TUT-Sábila; T6: TUT-VN-Sábila.



Fuente: Piña (2015).

En el caso de los suelos cultivados con maíz (TUT-Maíz) los valores de CE están alrededor de los 0,8 dS/m, lo cual está muy cercano al rango de los suelos clasificados como no salinos. El suelo bajo uso con vegetación natural (TUT-VN) fue el que presentó los valores más bajos de CE, entre 0,41 y 0,51 dS/m, lo que los clasifica como no salinos.

En este sentido, se plantea que los TUT-Melón y TUT-Sábila podrían estar incrementando drásticamente el proceso de salinización de estos suelos, como lo han expuesto Piña (2015), Mogollón et al. (2010), y Zamora, Mogollón y Rodríguez (2005), donde indican que el uso de la tierra bajo el sistema intensivo de melón bajo riego y con aplicación de fertilizantes y agroquímicos está propiciando un proceso de salinización de suelos, lo cual podría generar un proceso de degradación. Este proceso se haría más rápidamente evidente en los suelos con uso para el cultivo de sábila, debido a que el incremento en la CE es mucho mayor lo que también podría estar relacionado con el tiempo del cultivo, las extremas condiciones de sequía donde se ubica este cultivo, además de que la siembra es a tempero, algo que imposibilita el lavado de las sales a estratos más profundos del suelo.

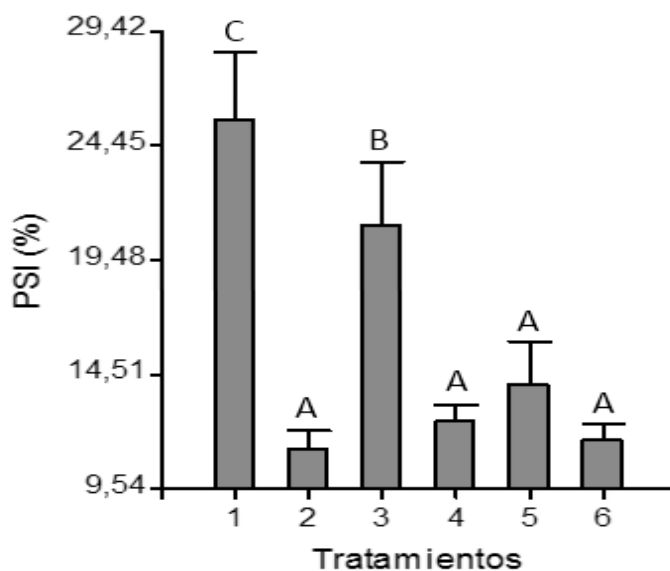
El PSI es un índice de la sodificación del suelo. Un elevado nivel de sodio en el suelo (alto PSI) afecta las propiedades del suelo e indirectamente a los cultivos por el deterioro de ciertos parámetros como la estructura y permeabilidad del mismo. En suelos de elevado PSI, la materia orgánica se dispersa y disuelve, depositándose en la superficie, a la que confiere un color oscuro característico, y da origen a la denominación de álcali negro (Gasca, Menjivar y Torrente, 2011).

En la Figura 5 se observan los valores de PSI en los suelos estudiados. Se puede ver claramente que en

los suelos bajo uso agrícola con melón y maíz se incrementó significativamente ($p < 0,05$) el PSI, con valores de 25,6% y 20,9% respectivamente. En el caso de los TUT-Melón y TUT-Maíz, los valores de PSI estuvieron por encima de valor crítico establecido para catalogar a los suelos como sódicos ($\text{PSI} \geq 15\%$). Se considera que un suelo puede sufrir problemas de sodificación y dispersión de la arcilla cuando el $\text{PSI} > 15\%$ (Mogollón et al., 2014).

Los altos valores del PSI registrados en el TUT-Melón resultan desfavorables para el establecimiento de cultivos, por la dispersión y el alto potencial osmótico del suelo, lo que afecta seriamente la fisiología de las plantas, y provoca una disminución de la productividad del rendimiento y calidad de las cosechas (Martínez, López, Basurto y Pérez, 2011).

Figura 5. Valores de porcentaje de sodio intercambiable para los principales usos de la tierra en la Península de Paraguaná. 1: TUT-Melón; 2: TUT-VN-Melón; 3: TUT-Maíz; 4: TUT-VN-Maíz; 5: TUT-Sábila; 6: TUT-VN-Sábila.



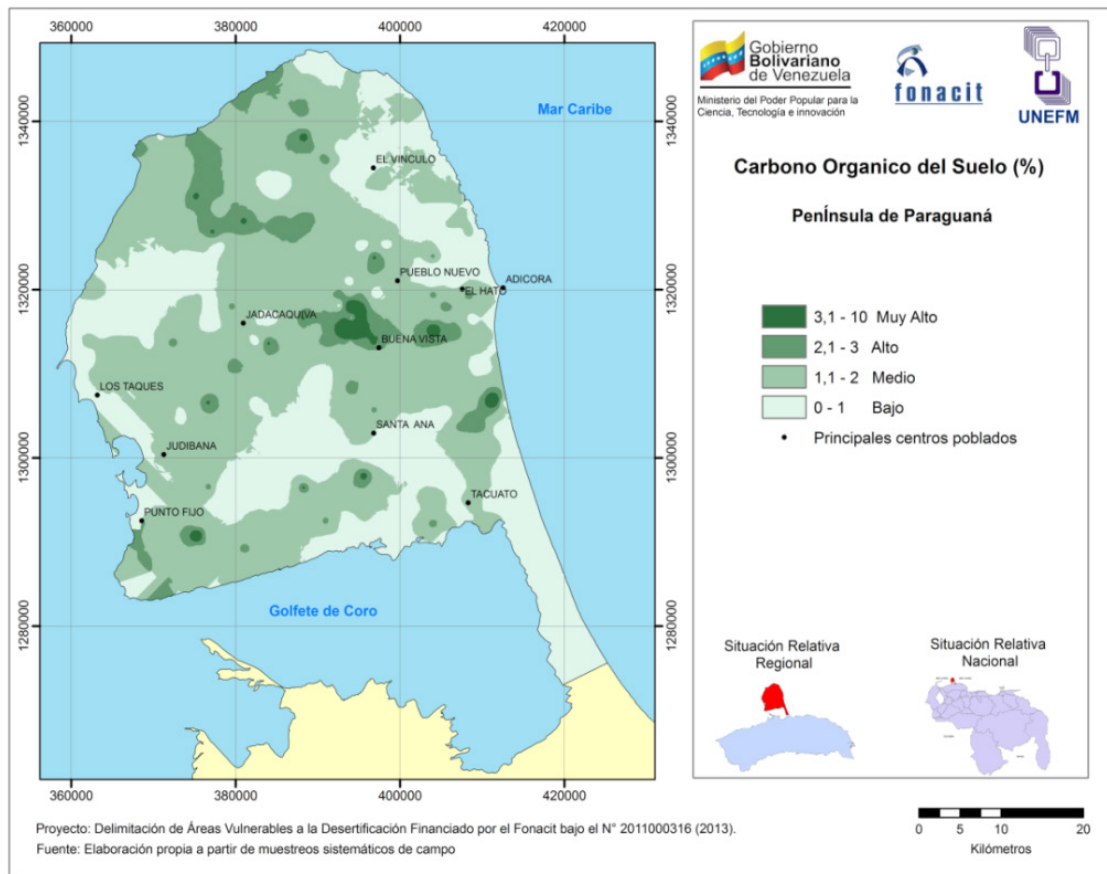
Fuente: Piña (2015).

Al parecer este es un problema recurrente en algunas zonas agrícolas de la Península de Paraguaná, sometidas al cultivo del melón como rubro principal, donde el tipo de uso de la tierra con melón bajo manejo convencional (mecanización agrícola, uso de fertilizantes y plaguicidas y riego por goteo) mostró los mayores problemas de degradación química al presentar mayores valores de conductividad eléctrica, y mayores valores de sodio intercambiable (Mogollón et

al., 2014; Fernández et al., 2011; Zamora et al., 2008).

Pérdida de la materia orgánica del suelo

Los suelos de la Península de Paraguaná presentaron valores de carbono orgánico bajos ($< 1\%$) en un 34% de la superficie (908 km²); y valores medios (1,10 a 2,0 %) en un 58% del área total de la península (1549 km²). Apenas un 8% de la superficie (223 km²) presentan altos valores de CO (Figura 6).

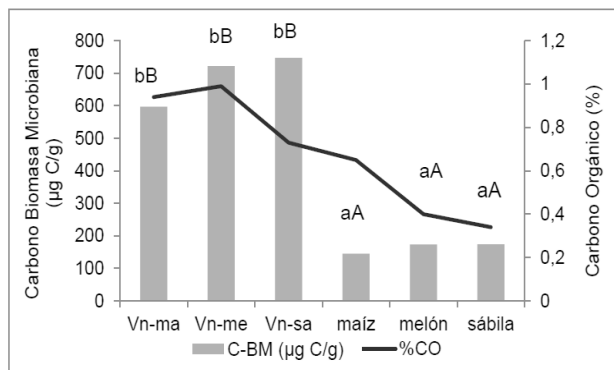
Figura 6. Distribución del carbono orgánico del suelo en la Península de Paraguaná.

Fuente: Mogollón et al., 2015b

Martínez, Faz y Acosta (2009) plantean que la mineralización del carbono orgánico es muy intensa en zonas áridas y semiáridas, debido a las condiciones climáticas reinantes, y como consecuencia, su fijación en formas estables es reducida, lo que provoca el agotamiento de los suelos y, por lo tanto, su desertificación. Al mismo tiempo Mogollón et al. (2015a) señalan que los cambios de uso de la tierra en suelos bajo uso agrícola intensivo en la Península de Paraguaná pueden condicionar la disminución de las reservas del COS en el orden de un 50 hasta un 86 %, en términos de tiempo relativamente corto (de 5 a 10 años).

De igual manera, se ha observado en la zona problemas de degradación biológica del suelo, asociados a una drástica reducción en el contenido de carbono orgánico y carbono de la biomasa microbiana del suelo en los sistemas de uso de la tierra con el cultivo de melón (Mogollón et al., 2015a; Maseda, 2014). En la Figura 7 se observa la relación que existe entre el carbono de la biomasa microbiana (C-BM) y el carbono orgánico del suelo (CO) por efecto del tipo de uso de la tierra. De manera general, se observó una disminución del CO y del C-BM con la implementación de cultivos con respecto a los suelos bajo vegetación natural (VN) no intervenidos.

Figura 7. Relación entre el CO y C-BM para los usos de la tierra en la Península de Paraguaná. Letras minúsculas diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre el C-BM; letras mayúsculas sobre la curva, indican diferencias estadísticas para el CO del suelo ($p < 0,05$).



Fuente: Maseda (2014).

Los valores de CO se redujeron entre un 53% a un 60% con respecto a los suelos bajo VN; mientras que los valores de C-BM mostraron una reducción entre un 70% hasta un 83% con respecto a los valores iniciales representados en VN. El C-BM es una de las fracciones lábiles y fácilmente degradables de la materia orgánica, y con mayor susceptibilidad de ser perdida ya que va a estar influida por la cantidad y calidad de la materia orgánica (MO) del suelo, por factores climáticos, uso de la tierra y por las características fisicoquímicas del suelo (Mogollón y Martínez, 2009).

Degradación del suelo por erosión hídrica

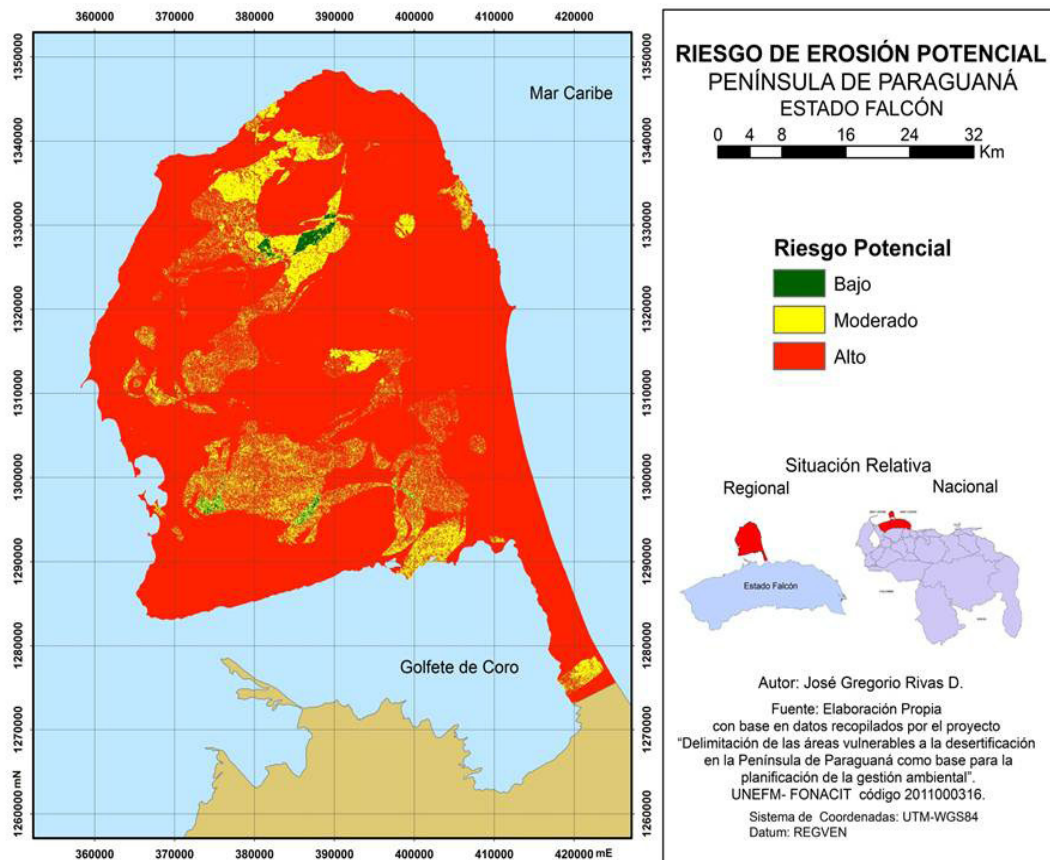
La degradación de los suelos es una problemática que con el paso del tiempo se ha ido intensificando, ya sea por actividades antropogénicas o por causas naturales. Tal problemática da paso a la susceptibilidad de los suelos a factores erosivos, tanto hídricos como eólicos lo que repercute en pérdidas de suelo en las cuencas altas y acumulación en las áreas más bajas.

A nivel mundial aproximadamente un tercio de

los suelos son degradados por factores erosivos, reduciendo sus funciones esenciales. No se conoce con mucha precisión la superficie de tierra degradada, sin embargo, la erosión hídrica es el problema más común que afectaba a casi 1100 millones de hectáreas, seguida por la erosión eólica que afecta a casi 600 millones de hectáreas (FAO, 2002).

En el estado Falcón no existe información inherente a la degradación de los suelos por erosión hídrica. Es por ello que es de gran importancia caracterizar la distribución espacial de los procesos erosivos, para así obtener resultados contundentes en donde se refleje el estado actual y el riesgo potencial de degradación del suelo. En tal sentido, en el marco del proyecto de investigación “Delimitación de áreas vulnerables a la desertificación en la Península de Paraguaná como base para la planificación de la gestión ambiental” (Mogollón et al., 2015c), se desarrolló el sub-proyecto denominado “Distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela” (Rivas, 2016).

Como resultado de esta investigación, se generaron mapas temáticos de la erosividad (capacidad potencial de la lluvia para provocar erosión), la erodabilidad (susceptibilidad del suelo a erosionarse), y la cobertura vegetal de la Península de Paraguaná. En este sentido, el comportamiento de las variables asociadas a la erosividad y erodabilidad permitieron estimar el riesgo de la erosión potencial del suelo, el cual se muestra en la Figura 8. Se observa un comportamiento donde predomina el riesgo alto de los suelos a erosionarse, el cual asciende a un 88% de la superficie total de la península. Mientras que el riesgo moderado solo ocupa un 11% de la superficie y el riesgo bajo un 1%.

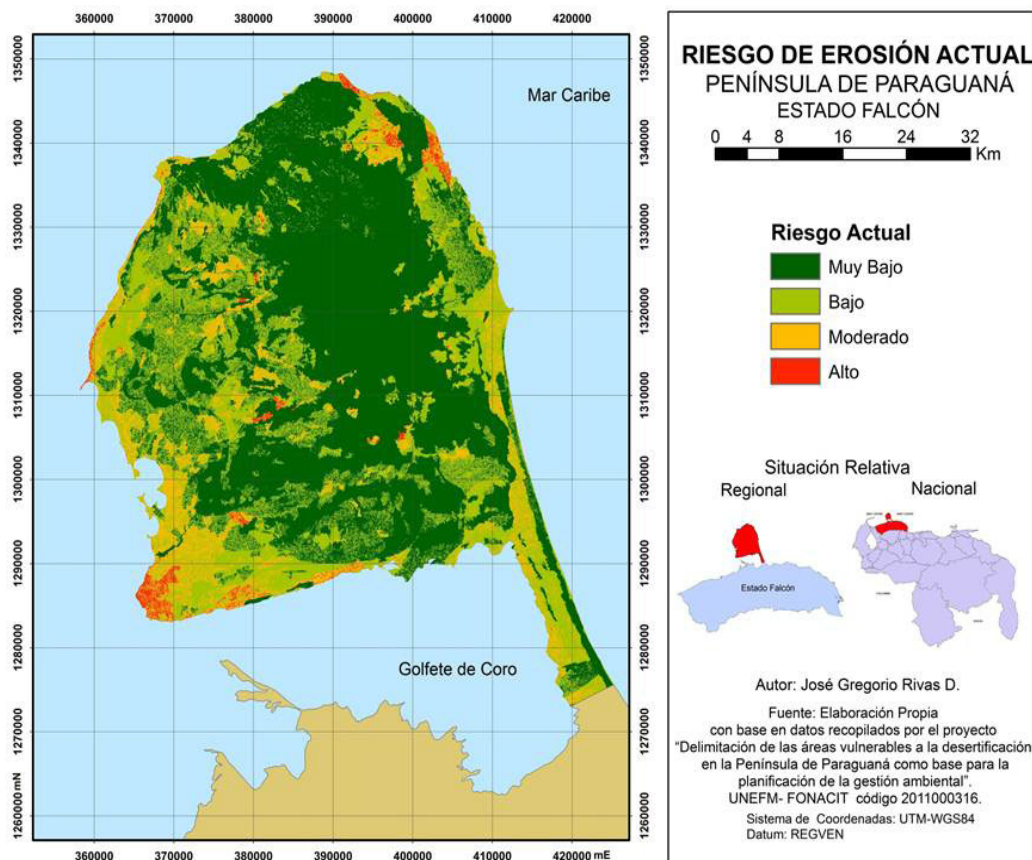
Figura 8. Mapa de riesgo de erosión potencial de la Península de Paraguaná.

Fuente: Rivas (2016).

Por otra parte, también se calculó el riesgo de erosión actual en la Península de Paraguaná como resultado de la integración del riesgo de erosión potencial y la cobertura vegetal. En la Figura 9 se observa el comportamiento de este índice, el cual fue bastante homogéneo. En este sentido, se evidenció que un 58% de la superficie total de la península presenta un

riesgo muy bajo de erosión, mientras que el riesgo bajo representa un 32% de la superficie, el riesgo moderado un 9% y el riesgo alto tan sólo un 1% de la superficie. Se ve claramente que el riesgo muy bajo se localiza hacia el centro de la península a todo lo largo de la misma, coincidiendo en las zonas con mejores condiciones en términos de erodabilidad y cobertura vegetal.

Figura 9. Mapa de riesgo de erosión actual de la península de Paraguaná.



Fuente: Rivas (2016).

El riesgo bajo se distribuye en la periferia de las áreas con riesgo muy bajo, conformando una franja de transición entre el riesgo muy bajo y el moderado que se ubica hacia la línea de costa. La distribución del alto riesgo de erosión actual se concentra en su mayoría en áreas focalizadas que corresponden a los centros urbanos, industriales y de actividades mineras superficiales (explotación de salinas), los cuales poseen una escasa o ninguna cobertura vegetal.

A partir de la distribución observada se puede afirmar que la cobertura vegetal representa el factor clave para el estudio del riesgo de degradación de los suelos por

erosión hídrica en la Península de Paraguaná, debido al rol determinante que juega la cobertura en términos de la estabilización, protección y conservación de los suelos. Aunque la erodabilidad del suelo describe la susceptibilidad del suelo a ser degradado y la agresividad climática representa la amenaza en términos de activar los procesos erosivos, es la cobertura vegetal la que determina en última instancia el nivel de riesgo, en especial sobre zonas áridas (Rivas, 2016). La vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua. Si

la velocidad se ha reducido lo suficiente, se sedimenta una parte de los materiales arrastrados y a partir de este momento se empieza a regenerar la vegetación natural (Díaz-Mendoza, 2011).

Conclusiones

Se encontró una disminución significativa del COS y del C-BM producto de los cambios de uso de la tierra que se vienen implementando en el municipio Falcón de la Península de Paraguaná. En agroecosistemas con alto uso de insumos agrícolas (fertilizantes, plaguicidas y alta mecanización) se observaron pérdidas del COS por el orden de un 40 a un 80%, en términos de tiempo muy cortos (entre 4 y 10 años aproximadamente). Igualmente se observó una disminución drástica del C-BM del suelo, producto de los cambios en el uso de la tierra. Las tasas de pérdida del C-BM están por el orden del 50% en promedio para todos los tipos de uso de la tierra evaluados con manejo agrícola convencional.

Considerando la degradación química por salinidad-sodicidad, la mayor parte de los suelos del municipio Falcón presentan problemas de salinidad, sin preponderancia de sales sódicas. El cambio de uso de la tierra generó problemas de degradación química del suelo, ya que tuvo un efecto significativo en el incremento de la salinidad. Fue el uso bajo cultivo de melón y sábila donde estos problemas fueron más evidentes.

Con respecto al problema de sodificación, los mayores efectos se vieron en los tipos de uso de la tierra con melón y maíz cuyos valores de porcentaje de sodio intercambiable estuvieron por encima del 15%, lo cual se considera el valor crítico por encima del cual se comienzan a manifestar problemas de degradación física del suelo, y toxicidad para la mayoría de los cultivos agrícolas.

Desde el punto de vista general, la Península de Paraguaná presenta un riesgo de erosión potencial alto, cubriendo una superficie de 2.371 km², que representa un 88 % de la totalidad de la Península de Paraguaná. Esto como resultado de la integración de las variables clima, suelo y pendiente. El riesgo de erosión potencial alto está directamente relacionado al valor moderado de erodabilidad y al hecho de que la cobertura vegetal no forma parte de los factores empleados para su determinación. La cobertura vegetal es la variable que está más relacionada a la protección, estabilización y conservación de los suelos.

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

- Díaz-Mendoza, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*. 31, 80-90. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf>.
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos*. Recuperado de <http://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2779S/y2779s00.pdf>.
- FAO. (1992). *CORINE Soil erosion risk and important land resources. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and*

- soil erosion risk*. Recuperado de <https://www.eolss.net/sample-chapters/C19/E1-05-03-06.pdf>.
- 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. <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v61n3-4/art08.pdf>.
- García, A. y Correa, D. (2010). "Uso de indicadores de calidad del suelo como estrategia para prevenir su degradación". En: Memorias del XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. (pp. 1-19). Santo Domingo: Universidad Tecnológica Ecuatoriana. Recuperado de [http://www.secsuelo.org/XIICongreso/Simposios/Nutricion/Magistrales/3.%20Alvaro %20 Garcia%20-%20 Indicadores %20calidad. %20 Colombia. pdf](http://www.secsuelo.org/XIICongreso/Simposios/Nutricion/Magistrales/3.%20Alvaro%20Garcia%20-%20Indicadores%20calidad.%20Colombia.pdf)
- Gasca, C. Menjivar, J., y Torrente, A. (2011). Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. *Acta Agronómica*. 60, 27-38. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/21155.
- Goykovic, V. y Saavedra, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia*. 25(3):47-58. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000300006.
- Linares, J. (2015). *Evaluación de suelos afectados por salinidad con fines de planificación agrícola en el municipio Falcón de la Península de Paraguaná*. Tesis inédita de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro.
- Martínez, N., López, C., Basurto, M. y Pérez, R. (2011). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Tecnociencia*. 5, 156-161. http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos_por_salinidad_en_el_desarrollo_vegetativo.pdf
- Martínez, S., Faz, A. y Acosta, J. (2009). "Contenido en carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos desarrollados de material parental volcánico en la Región de Murcia". En: Memorias en extenso del Congreso Internacional sobre Desertificación. (pp. 327-330). Murcia: Universidad de Murcia. Recuperado de <http://congresos.um.es/icod/icod2009/paper/viewFile/4881/4541>.
- Maseda, C. (2014). *Uso de la tierra y su efecto en las reservas de carbono en suelos agrícolas de la Península de Paraguaná*. Tesis inédita de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro.
- Matteucci, S., Colma, A. y Pla, L. (1999). Biodiversidad Vegetal en el Árido Falconiano, Venezuela. *Interciencia*. 24,300-307. https://www.researchgate.net/profile/Silvia_Matteucci/publication/268811326_Biodiversidad_vegetal_en_el_arido_falconiano_Venezuela/links/54777e220cf2a961e48316e8/Biodiversidad-vegetal-en-el-arido-falconiano-Venezuela.pdf.

- MINTUR. (2009). *Plan de ordenación del territorio de la zona de interés turístico (ZIT). Península de Paraguaná. Caracterización físico – natural para el plan de ordenamiento y uso*. Recuperado de <https://www.mintur.gob.ve/descargas/ZITPARAGUANA.pdf>
- Mogollón, J. P. y Martínez, A. (2009). Variación de la Actividad Biológica del Suelo en un Transecto Longitudinal de la Sierra de San Luis, Estado Falcón. *Agronomía Tropical*. 59, 469-479. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000400011.
- Mogollón, J.P., Torres, D. y Martínez, A. (2010). Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el cebollal, Estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*. 22, 217-222. [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22\(3\)/7.%20Cambios%20en%20algunas%20propiedades%20biol%C3%B3gicas.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22(3)/7.%20Cambios%20en%20algunas%20propiedades%20biol%C3%B3gicas.pdf).
- Mogollón, J.P., Martínez, A. y Rivas, W. (2014). Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*. 44, 22-28. http://www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/33.
- Mogollón, J.P., Martínez, A., Rivas, W., Maseda, C., Muñoz, B., Márquez, E., Lemus, L., Colmenares, M. y Campos, Y. (2015a). Carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos agrícolas al Norte de Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*. 45, 24-30. http://www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/11/9.
- Mogollón, J.P., Rivas, W., Muñoz, B., Martínez, A., Márquez, E., Arrieta, L., Lemus, L., Colmenares, M., Campos, Y. y Hernández, S. (2015b). Calidad del suelo como indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. *Croizatia*. 16, 7-24. <http://croizatia.fundacite-falcon.gob.ve/images/volumenes/volumen16n1y2/art1vol16n1y2.pdf>.
- Mogollón, J.P., Rivas, W., Márquez, E., Lemus, L., Colmenares, M., Muñoz, B., Martínez, A., Hernández, S., Arrieta, L. y Campos, Y. (2015c). “Delimitación de áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la Península de Paraguaná, Venezuela”. *Croizatia*. 16, 51-73. <http://croizatia.fundacite-falcon.gob.ve/images/volumenes/volumen16n1y2/art4vol16n1y2.pdf>.
- Nabi, A. (1995). *Reclamation and management of salt-affected soils*. En: Proceedings of Regional workshop on management of salt-affected soils in the Arab Gulf States, Abu-Dhabi, United Arab Emirates, 29 Oct - 2 Nov 1995. (paper). <http://www.fao.org/3/a-as822e.pdf>
- Oldeman, L. (1994). Global extent of soil degradation. En D. Greenland & I. Szabolcs. (Eds.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use* (pp. 99-118). Wallingford: CAB International. <http://edepot.wur.nl/299739>
- 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*. Tesis inédita de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro.
- Rivas, J.G. (2016). *Distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela*. Tesis inédita de Geografía, Universidad de los Andes, Mérida.
- Rivas, W. y Mogollón, J.P. (2015). Calidad del clima como indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. *Croizatia*. 16, 25-35. <http://croizatia.fundacite-falcon.gob.ve/images/volumenes/volumen16n1y2/art2vol16n1y2.pdf>.
- Schargel, R. (2011). Una reseña de la geografía física de Venezuela, con énfasis en los suelos. *BioLlania*. 10, 11-26. <http://herbario.unellez.edu.ve/publicaciones/04.pdf>.
- Sánchez, R., Ramos, R., Geissen, V., Mendoza, J., De La Cruz, E., Salcedo, E., y Palma, D. (2011). Contenido de carbono orgánico en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana*. 29, 211-219. <https://chapingo.mx/terra/download.php?file=completo&id=MjkyMjEx>.
- Torres, D., Rodríguez, N., Yendis, H., Florentino, A. y Zamora, F. (2006). Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón. *Bioagro*. 18, 123-128. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000200007
- Zamora, F., Mogollón, J.P. y Rodríguez, N. (2005). Cambios en la Biomasa Microbiana y la Actividad Enzimática Inducidos por la Rotación de Cultivos en un Suelo Bajo Producción de Hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*. 5, 62-70. <http://www.redalyc.org/pdf/904/90450107.pdf>
- Zamora, F.R., Torres, D., Rodríguez, N. y Zamora, F.J. (2008). Dinámica de las sales en un suelo sembrado con melón (*Cucumis melo*) bajo riego por goteo en la Península de Paraguaná estado Falcón. *Multiciencias*. 8, 27-32. <http://www.redalyc.org/pdf/904/90411691004.pdf>