



XXI Congreso  
Latinoamericano de  
la ciencia del suelo  
"Todos los Suelos en la Mitad del Mundo"



## **XXI Congreso Latinoamericano y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo**

**"Todos los Suelos en la Mitad del Mundo"**

Quito – Ecuador, del 24 al 28 de octubre del 2016  
Hotel J.W. Marriott

### **RIESGOS AMBIENTALES EN CUENCAS HIDROGRAFICAS: CASO RIO SANCHON, VENEZUELA.**

**Comerma\*, J.<sup>1</sup>; Sevilla, V.<sup>2</sup>; Silva, O.<sup>2</sup>; Cadenas, A.<sup>1</sup>**

**Palmichal <sup>1</sup>; UCV <sup>2</sup>**

\* fliacomermas@cantv.net; 2da circunvalación 64, El Castaño, Maracay 2101, Venezuela; 58-426-5319940.

#### **RESUMEN**

La cuenca del río Sanchón se ubica en la vertiente norte de la Cordillera de la Costa, con unas 8.613 has. Su función es producir agua para la Refinería "El Palito" de PDVSA, lo cual motiva estudiar sus riesgos ambientales y es por eso que se caracterizaron e integraron diferentes aspectos naturales. El Modelo Digital de Elevación fue fundamental, y se realizó mediante las curvas de nivel a escala 1:25.000. Del MDE se derivaron las pendientes. Con estaciones climáticas circundantes se estimó la precipitación, temperatura y zonas de vida. Basándose en la geología y 31 observaciones de campo, se caracterizaron los suelos, capacidad de uso y erosión actual. Con la ecuación USLE, se estimó el riesgo de erosión actual y potencial, Se estableció el riesgo de incendios. Se calculó la producción de agua, la escurrimiento y la recarga de los acuíferos. Con la integración de las variables anteriores se estableció la Fragilidad Ambiental. Los resultados muestran una cuenca con fuertes pendientes pero protegida por una densa vegetación. Sus suelos son principalmente Dystrustepts, con clases de capacidad VI y VII. La erosión actual es imperceptible y el riesgo actual es ligero, mientras el potencial es severo. Los riesgos de incendio son la principal amenaza. La producción de agua es alta y constante, validada por mediciones de caudal. Se concluye que la Fragilidad es muy Alta, pero la densa cobertura vegetal evita la erosión y mantiene la producción de agua.

#### **PALABRAS CLAVE**

**Cuencas hidrográficas; Amenazas ambientales; Vegetación.**

## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Sanchón se ubica en la vertiente Norte de la Cordillera de la Costa en Venezuela (superficie 8.613 has). Es de gran significancia por ser la principal fuente de agua para la Refinería “El Palito” de Petróleos de Venezuela y poblaciones aledañas. Fue declarada Zona Protectora y Reserva Hidráulica el año 1976, lo cual ha sido muy útil para proteger su flora y fauna y conservar su producción de agua. Sin embargo, para poder establecer su Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso en este momento fue necesario actualizar y completar el estado de sus recursos naturales, además de establecer los principales riesgos ambientales que la amenazan. Ello es el principal objetivo de este trabajo, lo cual luego servirá de base para establecer las medidas conservacionistas a tomar en la cuenca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El elemento básico para el estudio fue un Modelo digital de Elevación (MDE), el cual se diseñó a partir de curvas de nivel (1:25.000) y la hidrografía. A partir del MDE se derivaron las pendientes, y estas se clasificaron en clases equivalentes a las usadas en la metodología de Capacidad de Uso de las tierras (Comerma y Arias, 1971).

La caracterización climática empleó cuatro estaciones circunvecinas de diferentes alturas y con más de 20 años en registros. A partir de sus datos se elaboró un mapa de precipitación anual, temperaturas, evaporación, meses húmedos y un mapa de zonas de vida según Holdridge. La Geología se estudió compilando un mapa de formaciones realizado por Urbani *et al* (2002), y la vegetación fue adelantada por el Ministerio del Ambiente a través de 8 transeptas y 45 parcelas de observación, obteniéndose una clasificación de diferentes tipos de bosques.

Tomando la Geológica (material parental), las zonas de vida (vegetación, humedad ambiental), las pendientes (relieve), y las vías de acceso, se seleccionaron 31 puntos para caracterizar los suelos. En cada sitio se describió el perfil, su entorno, la erosión actual, Taxonomía (USDA, 2015) y su Capacidad de Uso.

Los seis aspectos ambientales considerados fueron: la erosión real, los riesgos de erosión (actuales y potenciales), los incendios de vegetación, la producción de agua como principal servicio ambiental y la fragilidad ambiental. Para estimar el riesgo de Erosión se empleó la USLE. El riesgo actual considero la cobertura vegetal presente, el riesgo potencial asumió una remoción total de vegetación. El riesgo de incendios combino la vulnerabilidad del ecosistema (combustibilidad de vegetación y sequía), además de las amenazas de ignición debido a cercanía a vías y actividades antrópicas. Para ello se establecieron zonas buffer alrededor de infraestructuras existentes. La producción de agua se estimó mediante el modelo de simulación Hidrológica SWAT (Neistch *et al* 2011), donde se calcularon valores de producción de agua, escorrentía, flujo base y recarga de acuíferos. El modelo se calibrado según aforos disponibles (Febrero 2012 a Mayo 2015). Se integró un índice de producción de agua, combinando la producción, escorrentía y recarga de acuíferos. Integrando estos aspectos se definió la Fragilidad ambiental según metodología de Comerma, *et al* (1999), la cual representa la susceptibilidad a degradación por riesgos naturales. En ella intervinieron la estabilidad del ecosistema, la susceptibilidad de la vegetación y la resiliencia del medio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización Ambiental.

La cuenca comprende un área de drenaje que va desde laderas montañosas al Sur (1700 msnm) hasta la planicie costera al Norte (0 msnm). Su forma es ovalada con 19 Km de largo y 6 de ancho. Presenta dos pisos separados por antiguas fallas y un río mayor encajonado que la surca Sur-Norte. Su geología es de rocas altamente plegadas, dominadas por gneises en la parte alta y media y anfibolitas y esquistos en la parte baja. Las pendientes dominantes son de 45% o más (escarpadas y complejas). Sin embargo existe un 40% de los terrenos con pendientes entre 20 y 45% (planos inclinados), en la zona baja de planicie predomina entre 8 y 20%.

Climáticamente, las lluvias van desde 960 mm en la costa hasta 1300 mm en Sur occidente, su patrón es estacional, con lluvias de Mayo a Noviembre y el resto seco. Las temperaturas medias giran desde 26 °C en la costa hasta 18 °C en las montañas del Sur. En cuanto a zonas de vida o vegetación, el Bosque seco tropical predomina en el 60% de la zona por debajo de los 550 m y se corresponde con un bosque deciduo y semideciduo. Lo sigue el Bosque seco Premontano (24%), llegando hasta los 1500 m bajo un bosque semideciduo. Por último el Bosque húmedo Premontano (13%) superior a los 700 msnm pero con mayores precipitaciones presentando un bosque siempreverde o nublado. Afortunadamente toda la cuenca presenta una densa cobertura, mantenida por la vigilancia.

En referencia a los suelos, se establecieron cuatro unidades cartográficas definidas como unidades no diferenciadas, las cuales se ven en la Figura 1.

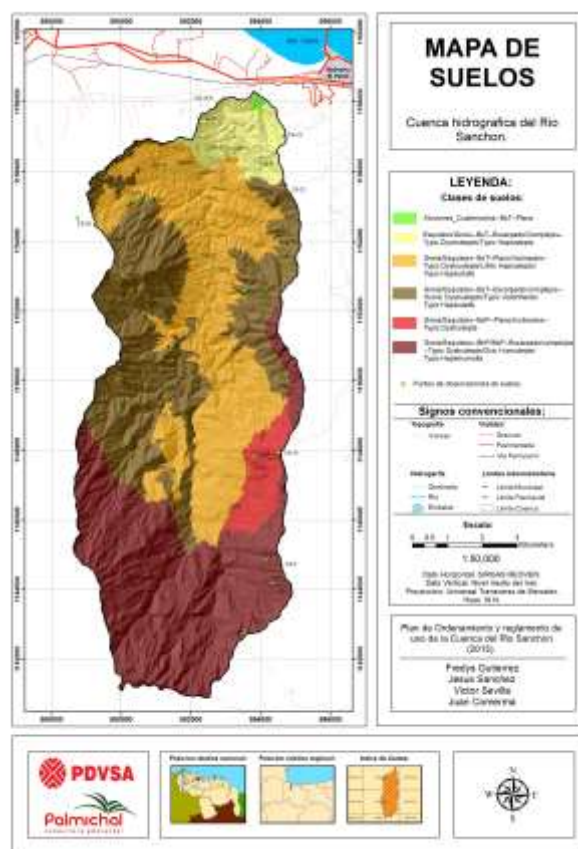


Figura 1. Mapa de suelos de la cuenca del río Sanchón en Venezuela.

De manera general son suelos de texturas medias, ácidos, y con medianos contenidos de materia orgánica, de baja fertilidad, profundos y moderada evolución. Como grandes diferencias se destacan que las partes altas y húmedas son más ácidos, más ricos en materia orgánica y más profundos, predominando las clases Dystrudepts y Haplohumults. Mientras que en sectores medios y bajos de la cuenca hay mayor pedregosidad, suelos menos profundos y menos ácidos, predominando las clases Dystrustepts y los Haplustults. En cuanto a las capacidades de uso estas resultaron predominantemente de las clases VI y VII dominadas por fuertes pendientes, mostrando su vocación para conservación y servicios ambientales.

### **Riesgos Ambientales.**

La **Erosión actual**, se calificó como imperceptible en 80% de la cuenca, debido la alta cobertura vegetal. El 20% restante presenta ligera erosión y corresponde a zonas intervenidas. El **Riesgo de Erosión actual** (cobertura existente), cálculo que un 87% de la superficie es débil a muy débil, es decir menos de 10 Mg/ha/año correspondiéndose con la erosión actual imperceptible. Solo 3% presenta clase moderada y se corresponde con áreas intervenidas. El **Riesgo de Erosión Potencial** (Figura 2), predice la erosión considerando la eliminación de la cobertura vegetal. El 97% posee tasas de erosión superiores a 100 Mg/ha/año, calificado como fuerte y severa erosión en fuertes pendientes. Destacándose el valor de la cobertura vegetal en la protección de los suelos frente a la degradación por Erosión.

Para el **Riesgo de Incendios** (Figura 3), el análisis de imágenes satelitales contribuyó a detectar los incendios pasados y los avances de la población hacia los bordes de la cuenca, lo cual se extendió en un radio de 2 Km más allá. En la Figura 3 se muestra el riesgo de ocurrencia de incendios. Allí se observa que cerca de un 30% tiene una baja ocurrencia y ellos corresponden con los bosques más húmedos y densos de la zona sur donde hay poca actividad humana. La moderada ocurrencia es la de mayor extensión, 57% y ocurre asociada a los bosques semidecíduos y decíduos, El 14 % restante es alto y muy alto y está estrictamente asociado a infraestructuras como vías y tendidos eléctricos con mayor circulación humana.

En cuanto a la **Producción de Agua** el análisis mostro que las variaciones en la precipitación y el grado de cobertura vegetal juegan un papel fundamental. Así, los bosques más densos y húmedos de la parte Sur tuvieron la mejor integración de los tres parámetros (mayor producción de agua, menor escorrentía y mayor recarga de acuíferos). Mientras las zonas intermedias de la cuenca tuvieron valores intermedios condicionados por la cobertura vegetal. La Figura 4, muestra el índice de producción de agua que integra los tres parámetros. En general se considera que la producción de agua de la cuenca es alta, constante en el año y con un 75% de suplencia por flujo subsuperficial, resultado en gran medida de la cobertura vegetal.

La **Fragilidad Ambiental** (Figura 5), como un índice de la susceptibilidad de las tierras a amenazas naturales ambientales dio como resultado que la cuenca presenta un 57 % de muy alta fragilidad concentrada en los bosques más húmedos del sector Sur. Mientras un 43 % presenta valores de alta fragilidad. En ambos casos su fragilidad es debido a la baja capacidad de recuperación del ecosistema, a sus altas pendientes, a suelos de baja fertilidad y a la compleja y rica biodiversidad de sus bosques, difícil recuperar si es afectada.



Combinado la Fragilidad ambiental con los riesgos de erosión y la producción de agua, se derivaron las zonas que deberían ser preservadas, tal como bosques húmedos del Sur (35%), cuáles además de preservarse deben acompañarse de prevención contra incendios (55%), y cuáles deben rehabilitarse o recuperarse de la erosión como es el caso de las zonas más bajas intervenidas.

## **CONCLUSIÓN**

La Caracterización Ambiental realizada, incluyendo la geología, relieve, vegetación, clima, suelos y capacidad de uso en una cuenca con una densa cobertura vegetal y difíciles accesos logro su cometido con la metodología empleada.

La zona es una montaña con vertientes muy empinadas casi sin intervención. La buena distribución de sus lluvias permite presentar suelos profundos debajo de una cobertura vegetal muy protectora contra la erosión.

Los principales riesgos ambientales son la erosión potencial, en caso de que no se preserve la cobertura vegetal actual, principalmente debido a sus fuertes pendientes. En segundo lugar se tiene la amenaza de incendios, la cual se produce principalmente en la zona oriental de la cuenca por efecto de las poblaciones aledañas, por las vías de comunicación y corredores de tendidos eléctricos internos en la cuenca. Otro aspecto ambiental analizado fue la producción de agua, la cual demostró que en las actuales condiciones y si estas se mantienen se continuara con una alta y estable volumen de agua principalmente subsuperficial.

La Fragilidad ambiental sintetiza la susceptibilidad de la cuenca ante los riesgos. Su resultado de alta y muy alta fragilidad, señala la necesidad de preservar la cuenca y en parte de ella prevenir los incendios, solo en pequeñas porción se debe rehabilitar las áreas, previamente afectadas por erosión.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el permiso de la Refinería el Palito de PDVSA, quien financio el estudio, para realizar esta publicación parcial de sus resultados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Neitsch, S. L.; J. G. Arnold; J. R. Kiniry; J. R. Williams. (2011). SWAT: Soil and Water Assessment Tool. Thoretical Documentation. Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. Texas A&M University System.

Comerma, J. y L. Arias. (1971). Un sistema para Evaluar la Capacidad de Uso Agropecuario en los Terrenos en Venezuela. Maracay. 1971.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. (1976). Número 31108, 11 de noviembre de 1976. Decreto 1864.

Comerma, J.; C. Padilla; D. Machado y V. Sevilla. (1999). Áreas de atención ambiental para actividades petroleras en Venezuela. 43 p. PDVSA-PALMAVEN.

USDA. (2014). Servicios de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomía de Suelos. Undécima edición.

Urbani, F.; F. Barrios; y L. Omañas. (2002). Mapa Geológico compilado a partir de trabajos especiales de grado del Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, UCV.