



7^{mo} Congreso de Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

ZONIFICACIÓN DE SUELOS CON RIESGO DE EROSIÓN HÍDRICA MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN EL DISTRITO DE SALTO DEL GUAIRA

Zoning of soil erosion risk by remote sensing in the district of Salto del Guaira

Milciades Ariel Melgarejo Arrúa^{a*}, Carlos Ricardo Cardozo Carrera^b

^a Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este (UNE), Km 17,5 Ruta

Internacional Nro. VII, Minga Guazú, Alto Paraná, Paraguay.

milciades_melgarejo@hotmail.com

^b Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional del Este (UNE), Km 17,5 Ruta
Internacional Nro. VII, Minga Guazú, Alto Paraná, Paraguay. ricardocardozo@fiaune.edu.py

* Autor para correspondencia: +595 981 610619, milciades_melgarejo@hotmail.com

Palabras Claves: erosión, pendiente, textura, teledetección

Keywords: erosion, slope, texture, remote sensing.

Título abreviado: Riesgo de erosión

ABSTRACT

Water erosion leads to loss of nutrients, increasing significant costs in terms of replacement. Paraguay has not to date basic information on levels of erosion in some regions. This hampers the implementation of land rehabilitation practices. The aim of this study was to determine and classify the risk of water erosion leap District Guairá parameters based on soil texture and slope, whose data were obtained from soil survey map of the Eastern Region and supported by samplissent to CETAPAR. The slopes were obtained through remote sensing. By integrating these parameters were determined four categories of risk of erosion: Slight, Moderate, Severe and Very Severe. We identified an area of 26375hectares that have soils with slopes between 0 to 3% with a slight erosion hazard. Soils with moderate erosion risk add 75035 acres with slopes between 3 to 8%. Anarea of 30673 hectares is for soils with severe erosion hazard, with slopes between8 to 15%. Soils with very severe erosion hazard, representing a total of 3429 hectares with slopes greater than 15%. To determine the risk of water erosion was considered soil texture. It was concluded that in the southern part of the district, predominantly clay textural class fine or very fine, with slight erosion hazard, and the northern half is loamy coarse texture, with an increased risk of erosion, fitting into the third category for severe.

RESUMEN

La erosión hídrica acarrea pérdida de nutrientes, incrementando costos considerables en cuanto a reposición. Paraguay no posee hasta la fecha información básica sobre niveles de erosión en algunas regiones. Esto dificulta la aplicación de prácticas de rehabilitación de tierras. El objetivo de este trabajo fue determinar y clasificar el riesgo de erosión hídrica del distrito de Salto del Guairá en base a parámetros de textura del suelo y pendientes, cuyos datos fueron obtenidos del mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental y corroborado por muestreos enviados a CETAPAR. Las pendientes fueron obtenidas mediante teledetección. Mediante la integración de estos parámetros se determinaron cuatro categorías de riesgo de erosión: Ligero, Moderado, Severo y Muy Severo. Se identificó una superficie de 26375 hectáreas que poseen suelos con pendientes entre 0 al 3% con un riesgo de erosión ligero. Suelos con riesgo de erosión moderado suman 75035 hectáreas con pendientes comprendidas entre 3 al 8 %. Una Superficie de 30673 hectáreas corresponde a suelos con riesgo de erosión severo, con

pendientes entre 8 al 15 %. Suelos con riesgo de erosión muy severo, representando un total de 3429 hectáreas con pendientes mayores al 15 %. Para determinar el riesgo de erosión hídrica se consideró la textura del suelo. Se concluyó que en la mitad Sur del distrito, predomina la clase textural arcillosa fina o muy fina, con riesgo de erosión ligero, y la mitad norte se encuentra textura francosa gruesa, con un mayor riesgo de erosión, encuadrándose en la tercera categoría correspondiente a severo.

INTRODUCCIÓN

La economía del Paraguay está basada principalmente en el sector agropecuario, forestal y agroindustrial. Este sector genera el 26 % del PIB, provee el 37% del empleo nacional y es responsable del 90 % de las exportaciones, lo que representa la principal fuente de ingreso de divisas a la economía nacional.

En nuestro país, hasta la fecha existe información básica sobre los niveles de erosión en algunas regiones del país, lo que dificulta la identificación y la aplicación de prácticas estratégicas de rehabilitación de las tierras y políticas efectivas de conservación de suelos.

La parte del suelo que se pierde por la erosión hídrica es generalmente la más fértil, el que contiene la mayor concentración de nutrientes para las plantas, el humus, los abonos y correctivos que el agricultor haya aplicado. El suelo queda menos productivo, e incluso, puede volverse no apto para una agricultura sostenible FAO, citado por (Sarubi, 2005).

El Banco Mundial ha realizado estudios en cuanto a pérdida de nutrientes por erosión hídrica en las zonas del departamento de Alto Paraná y norte de Itapúa y se ha estimado en un valor aproximado de 9,7 US\$/ha., si bien el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) cuenta con el Programa de Manejo, Conservación y Recuperación de suelos que está en plena ejecución en distintas zonas del país.

Los edafólogos siguen la regla empírica de que una hectárea, de la mayoría de las tierras, puede afrontar una pérdida entre 2 a 10 t de suelo cada año. La media de pérdida de suelo por la erosión del agua en una tierra cultivada se calcula que es de 7 toneladas por hectárea, al año.

Las primeras investigaciones científicas sobre la erosión fueron llevadas a cabo por el edafólogo alemán Wollny entre 1877 y 1895. Se utilizaron pequeñas parcelas para medir una gran variedad de efectos, tales como el papel de la vegetación y el mulching en la intercepción de la lluvia y el deterioro de la estructura del suelo, y los efectos del tipo de suelo y la pendiente en la evacuación y erosión (Hudson, 2006).

Cuando se dispone de un mapa topográfico, en el cual la pendiente está indicada por medio de diferentes colores y tonalidades, facilita mucho la interpretación y análisis del terreno. Sus curvas de nivel, complementadas por las cotas aisladas en puntos característicos indican datos fisiográficos y geomorfológicos.

El mapa topográfico es una importante herramienta que sirve para analizar el riesgo de erosión del suelo, son de gran utilidad para tener una idea del grado de protección que ofrece la vegetación y de la importancia de su conservación en cada zona del territorio desde el punto de vista de los procesos erosivos.

Una ventaja importante de los modelos digitales es la posibilidad de analizar la información mediante programas informáticos que permiten obtener en forma rápida y confiable datos sobre el comportamiento de la variable en estudio; además es posible generar nueva información mediante el análisis y la combinación con otros modelos del área representada. Por ejemplo es posible obtener un modelo digital de las pendientes del terreno, a partir de un MDE (Moore, 2003).

Al generar un mapa topográfico del distrito de Salto del Guaira, se pretende ubicar los sitios donde ya existe una erosión considerable que amerite alguna medida de mitigación, así como también, los lugares donde corren el riesgo potencial de que este fenómeno ocurra. Para clasificar estos lugares se tendrán en cuenta la pendiente y la textura del suelo. Será un documento para las instituciones competentes quienes así tendrán la herramienta necesaria para la toma de decisiones.

METODOLOGÍA

Descripción del Área de Estudio

El departamento de Canindeyú ocupa un área de 12933 km² y tiene una población de 140137 habitantes (DGEEC, 2004) .Este departamento está ubicado en la región noreste de la región oriental y limita al norte con el departamento de Amambay y la república de Brasil. Al este con Brasil, de la que está separado por el río Paraná. Al sur el departamento de Caaguazú y Alto Paraná. Al oeste el departamento de San Pedro.

El distrito de Salto del Guaira abarca una superficie de 1356.5 km², cuenta con 23 colonias y 11298 habitantes (DGEEC, 2004). Se encuentra sobre el Rio Paraná frente a la ciudad brasileña de Guaíra y se comunica con el Brasil por frontera seca a Mundo Novo (Mato Grosso do Sul) y por agua a la ciudad de Guaíra (Paraná).

El clima de la región es Subtropical húmedo, con precipitaciones anuales medias de 1865 mm., la temperatura media anual es de 21.5 ° y la humedad relativa varía entre 74 a 82% de promedio anual.

La formación geológica de los suelos en el área del proyecto es relativamente uniforme, consistiendo en suelos lateríticos derivados de rocas basálticas. Así, suelos residuales de textura arcillosa a arcillo-arenosa de diversa espesura, pero generalmente de buena profundidad predominan en el área. Se observan también pequeñas y bien localizadas zonas con suelos limosos y franco-arenosos.

Obtención de Datos de Teledetección

La metodología se centró en el procesamiento e interpretación de datos de teledetección. Los datos utilizados se mencionan a continuación.

Modelos Digitales de Elevaciones ASTER GDEM con resolución espacial de 30 metros, obtenidos del Instituto ESRSDAC. Se utilizaron los Modelos Digitales de Elevaciones obtenidos de Imágenes ASTER de 30 metros de resolución espacial. Imágenes Landsat 5 TM del año 2009 y 2010, obtenidas del INPE.

Procesamiento de Datos de Teledetección

Los datos ASTER GDEM, que constituyen el Modelo Digital de Elevaciones, fueron incorporados al Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc Gis 9.3, y utilizando el Módulo Spatial Analyst, se realizó el cálculo de las pendientes (Slope), generando así diferentes categorías que se indican más adelante (ver Tabla 1), las cuales fueron posteriormente cartografiadas.

Las imágenes Satelitales LandSat 5 TM, se utilizaron como referencia para realizar una interpretación visual, en el SIG, sobre el uso actual del suelo y se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se generó una composición RGB, con las bandas 7, 4 y 3, las cuales permiten una buena visualización de las cubiertas vegetales y de los suelos desnudos.
- Se procedió a georreferenciar estas imágenes, utilizando como referencia los datos Cartográficos del DGEE y C y de la DISERGEMIL, que cubren el área de estudio.

Categorías de la clasificación de riesgos de erosión hídrica según la pendiente

Los suelos de la unidad geográfica de la región oriental del Paraguay se clasifican según el riesgo a la erosión hídrica en cuatro clases: Ligero, Moderado, Severo y Muy Severo (Sarubi, 2005).

Los suelos del Distrito de Salto del Guairá fueron clasificados según el criterio de pendientes de la tierra, según lo establece la Tabla 1.

Se realizaron verificaciones en campo para determinar la veracidad de estos datos, mediante la determinación de puntos de verificación seleccionados al azar, lo cual se detalla en el apartado 4.6.

Tabla 1. Riesgo de erosión hídrica según porcentaje de la pendiente del terreno.

Table 1. Hydric erosion risk classes according to land slope.

Riesgo de erosión hídrica.	Pendiente de la tierra (%)
Ligero	0 – 3
Moderado	3 - 8
Severo	8 - 15
Muy severo	> 15

Fuente: Sánchez Caballero (2009).

Categorías de la clasificación de riesgos de erosión hídrica según la textura del suelo

Esto se realizó en el SIG, utilizando los datos de taxonomía del suelo, donde se especifican las texturas, y de acuerdo a los datos indicados en la Tabla 2.

Luego se realizaron verificaciones en campo para determinar la veracidad de estos datos.

Tabla 2. Riesgo de erosión hídrica según la textura del suelo**Table 2.** Hydric erosion risk classes according to soil texture.

Riesgo de erosión hídrica.	Textura del suelo.
Ligero.	Arcillosa fina o arcillosa muy fina.
Moderado.	Francosa fina.
Severo.	Francosa gruesa.
Muy severo.	Arenosa.

Fuente: Sánchez Caballero (2009).

Investigaciones realizadas por Bertoni & Lombardi (1985) demuestran la relación entre pérdidas de suelo y agua, y la media pluviométrica anual, según diferentes tipos de suelos.

Categorías de clasificación según el uso actual del suelo

Agrícola: extensiones de la superficie terrestre donde se cultivan especies anuales y/o perennes para el consumo y/o industrialización.

Ganaderos: comprenden toda superficie ocupada por pastizales sembrados o no, destinados al consumo del ganado en general.

Urbano: lugares donde transitan y/o habitan los seres humanos. Edificios, calles, carreteras, caminos, hogares etc.

Bosques: extensiones donde predominan árboles cultivados o no.

Cuerpo de agua: toda masa de agua de ríos, arroyos, estanques, represas, lagos etc.

Verificación de datos en campo

La verificación en campo, se realizó una vez obtenido el mapa en el cual se clasifican los riesgos de erosión hídrica, de donde se tomaron puntos de muestreo para cada clase. Los puntos fueron elegidos aleatoriamente tratando de incluir muestras de la mayoría de las zonas y así mantener su representatividad.

En estos puntos de muestreo se tomaron fotografías, además se realizó la medición de la pendiente en terreno por el método altimétrico. Con este método se obtuvo un mapa o plano de pendientes. La pendiente del terreno se expresa en función del ángulo de elevación que forma la distancia natural con la reducida entre dos puntos dados, o bien por la razón del desnivel entre dos puntos y su distancia reducida. En este último caso, es usual tomar la distancia reducida a intervalos de 100 metros y expresar la pendiente en forma de porcentajes.

Por último se realizó la verificación de la textura del suelo *in situ*, usando para ello el triángulo de la clase textural. La textura del suelo se define como la proporción relativa de los diferentes suelos separados en un material del suelo (Comité de terminología, 1956). Para mayoría de los propósitos se usa la escala del USDA (United States Department of Agriculture) (Boul, *et al.*, 2000).

Para agregar y/o dar fiabilidad a la clase textural determinada en campo, se envió muestras de suelo a un Laboratorio del suelo, donde se realizó la verificación por el método de Bouyocos utilizando pipetas. La determinación de la textura por el método de pipetas de Bouyocos se basa en la ecuación de Stokes. Mediante esta ecuación puede

expresarse, cuantitativamente, la relación entre el tiempo de sedimentación y el diámetro de la partícula. De este modo, sabemos que la velocidad de caída V , en cm/s, de una partícula de diámetro D , en cm, y densidad P_s , en g/cm^3 a través de un líquido de viscosidad n en poises (g/cm s) y densidad P_L (g/cm^3) tiene valor constante.

$$V = \frac{g(P_s - P_L)D^2}{18} \quad \text{donde } g = \text{aceleración de la gravedad en cm/s}^2$$

Esta ley establece, en el caso de partículas de tamaño limo y algunas de arcilla gruesa y de arena muy fina, la velocidad de sedimentación, que es proporcional al cuadrado del diámetro de las partículas.

Elaboración de Mapas Temáticos y Tablas

Las informaciones obtenidas previamente con el análisis de los datos de teledetección, fueron utilizadas como base para la elaboración de los 4 mapas temáticos del potencial erosivo en el Distrito de Salto del Guairá, teniendo en cuenta la clasificación de las Tablas 1 y 2.

Para demostrar los resultados de forma dinámica y comprensible, se elaboraron tablas con los datos obtenidos en el campo y por teledetección, considerando los siguientes parámetros: Riesgo de erosión hídrica considerando la pendiente. Riesgo de erosión hídrica considerando la pendiente en suelo de uso agrícola. Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo. Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo de uso ganadero.

RESULTADOS

Zonas de Riesgo de erosión hídrica en el distrito de Salto del Guairá según pendiente

El distrito de Saltos del Guairá comprende un área total de 135513.72 ha o 1355.13 km². Esta área se ha clasificado en cuanto a riesgo de erosión según la pendiente como indica el Tabla 3.

Tabla 3. Riesgo de erosión hídrica en el distrito de Salto del Guairá, 2010.

Table 3. Hydric erosion risk in the Salto del Guairá District, 2010.

Riesgo	Pendiente en %.	Superficie (ha)	Superficie (%)
Ligero	0 – 3	26375.58	19.46
Moderado	3 – 8	75035.43	55.37
Severo	8 – 15	30673.71	22.63
Muy severo	> 15	3429.00	2.53
Total		135513.73	100.00

Fuente: Análisis en GIS de MDE.

Un área de 26375.58 ha tiene una pendiente de entre 0 a 3%, lo que implica un 19.46% del área total del distrito que tiene un riesgo de erosión Ligero, según nuestra clasificación. Los suelos destinados a la explotación agrícola tienen 6109.92 ha con esta clasificación de riesgo de erosión y las de explotación ganadera abarcan 9829.17 ha.

Del área total del distrito, 75035.43 ha están clasificadas como de riesgo de erosión Moderado con pendientes que varían de entre 3 a 8%. Esto implica el 55.37% del área total. De esta superficie, 18768.33 ha tienen explotación agrícola y 32677.92 ha tienen explotación ganadera.

Del distrito de Saltos del Guairá, 30673.71 ha están compuestas de suelos con pendiente que fluctúan de entre 8 a 15%. En otros valores esto implica que el 22.63% del total están clasificados como de riesgo de erosión Severo. De este total, 7548.30 ha y 13029.93 ha corresponden a la explotación agrícola y ganadera respectivamente.

Además, 3429 ha del distrito están clasificadas como de riesgo de erosión Muy Severo. Solo 746.10 ha de esta clasificación de riesgo de erosión corresponde a la explotación agrícola y 1171.26 ha a la ganadera.

Los resultados reflejan la predominancia de la clase de riesgo de erosión Moderado que se distribuyen en el distrito en cuestión. Esto se comprueba con las mediciones hechas *in situ*.

Distribución del uso de suelo

De las 135513.72 hectáreas que comprenden el distrito, el uso que se le da al suelo se detalla como sigue:

- 37998.09 ha corresponden a cobertura boscosa remanente. Esto implica el 28.04% del área total.
- 24.47% del área corresponde a la explotación agrícola. Esto implica de 33172.65 ha que corresponden a los plantíos.
- En lo que concierne a la explotación ganadera o pastura, este rubro abarca 56707.74 ha del distrito, que corresponde al 41.84% del área total.
- 4.42% del área total o 5999.94 ha corresponden a cuerpos de agua.

- La clasificación urbana ocupa un área de 1635.30 ha o 1.20% del área total.

Riesgo de erosión hídrica del suelo con explotación agrícola

De los 33172.65 ha que se destina a la explotación agrícola, 6109.92 ha o el 18.41% tiene un riesgo de erosión hídrica Ligero y con pendiente de entre 0 a 3%; 18768.33 ha o el 56.57% del área tiene riesgo de erosión Moderado con pendiente de entre 3 a 8%; 7548.30 o el 22.75% de este área corresponde al de riesgo de erosión hídrica Severo y con pendiente de entre 8 a 15%; 746.10 ha o el 2.24% del área corresponde al de riesgo de erosión Muy Severo con una pendiente mayor al 15% según nuestra clasificación.

Riesgo de erosión hídrica del suelo de explotación ganadera

Este tipo de explotación del suelo abarca 56707.74 ha, la mayoría destinado a la producción vacuna. De estos, 9829.17 hectáreas o 17.33% de suelo con pasturas tiene un riesgo de erosión hídrica Ligero con pendientes de entre 0 a 3%; 32677.92 hectáreas o 57.62% del área total corresponden al tipo de riesgo de erosión Moderado con pendientes de entre 3 a 8%; 13029.39 hectáreas o 22.97% del área total tiene un riesgo de erosión hídrica Severo con pendientes que varían de entre 8 a 15%; 1171.26 hectáreas o el 2.06% del suelo con explotación ganadera tiene un riesgo de erosión Muy Severo y con pendientes mayor al 15%.

Riesgo de erosión hídrica del suelo de cobertura boscosa

De las 37998 ha de bosques remanentes que actualmente existen en el distrito, 6913.17 ha o el 18.19% del total se clasifica como riesgo de erosión Ligero con pendiente de entre 0 a 3%; 20782.42 ha o 54.69% del área total tiene un riesgo de erosión Moderado con una pendiente que fluctúa entre 3 a 8%; 9100.44 ha o el 23.95% del área se clasifica con un riesgo de erosión Severo con pendiente del suelo que varía de 8 a 15%; 1202.04 ha o el 3.16% del área de cobertura boscosa tiene un riesgo de erosión clasificado como de Muy Severo y con pendiente mayor al 15%.

Riesgo de erosión hídrica del suelo en zona urbana

La zona urbana de Salto del Guairá abarca 1635.30 ha o el 1.2% del total de dicho distrito. De ellas, 369.99 ha se clasifican como de riesgo de erosión hídrica Ligero con pendiente que varían de entre 0 a 3%; 947.61 ha se clasifican como de riesgo de erosión Moderado y con pendiente que varían de entre 3 a 8%; 298.17 ha se clasifican como de riesgo de erosión Severo con pendiente de entre 8 a 15%. Solo 19.53 ha se clasifican como de riesgo de erosión Muy Severo con pendiente mayor a 15%.

Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo

En el distrito de Salto del Guaira predominan dos clases texturales: Arcillosa Fina o Arcillosa Muy Fina y Francosa, con riesgos de erosión hídrica Ligero y Severo respectivamente. Estas clases texturales están bien delimitadas. Se observa que la clase textural Arcilloso fino o Arcilloso muy fino predomina en la parte sur del distrito con 46737 has. Esta clase textural del suelo tiene un riesgo de erosión Ligero.

En la parte norte del distrito predomina suelo con clase textural Francoso Grueso con 82776 has. Este tipo de textura de suelo tiene un riesgo de erosión hídrica Severo.

Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo. Uso Agrícola

Al considerar sólo la textura, se concluye que el suelo agrícola con riesgo de erosión Ligero abarca aproximadamente 19137 ha. Esto implica que en estos lugares predominan la clase textural Arcilloso Fino y/o Arcilloso Muy Fino. Suelos con estas características se representan con el color verde en el mapa. Estos predominan en la zona sur.

El otro tipo de suelo que predomina en este distrito de Salto del Guairá es el Francoso Grueso. Este tipo de suelo tiene un riesgo de erosión Muy Severo y abarca 14034.69 ha. Está representado por el color rojo en el mapa. Estos predominan en la parte norte del distrito.

Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo. Uso ganadero

La explotación ganadera predomina en la zona norte de este distrito. En esta zona existe mayor posibilidad de riesgo de erosión. El riesgo categorizado es Muy Severo, ya que predomina la clase textural Francoso Grueso. Estos se representan con el color rojo en el mapa y suman 49503.33 ha.

La otra clase textural es Arcilloso Fino y/o muy Fino. Esta predomina en la zona sur y tiene un riesgo de erosión Ligero, como se representa en el mapa con el color verde la cual suma 7204.41 ha.

Riesgo de erosión hídrica considerando la textura del suelo. Bosques

La cobertura boscosa remanente abarca un área de 37998 ha. Sus riesgos de erosiones son diferentes ya que existen dos clases texturales de ambas mitades del distrito. En la parte norte tenemos 18291 ha de bosque con riesgo de erosión Severo. En esta parte predomina la clase textural Francoso Grueso.

En la parte sur se tiene 19.706,76 has. de bosque con riesgo de erosión Ligero ya que en esta parte del distrito predomina la clase textural Arcilloso Fino o Muy Fino..Este tipo de suelo está representado por el color verde en el mapa.

DISCUSIÓN

La mayor parte de los suelos de Salto del Guairá, según su taxonomía, presenta un riesgo severo de erosión. Esto, sumado a la densidad boscosa que se ha reducido resulta alarmante, más aún si el hecho es vinculado con la producción agrícola y ganadera. La explotación ganadera representa un mayor riesgo de erosión dado el tipo de suelo del norte del departamento. Si bien la explotación agrícola implica un riesgo ligero de erosión, habría que señalar que ciertas prácticas pueden incrementar los niveles de riesgo.

Es destacable, sin embargo, que el uso que se le da a la mayor parte de la tierra es la explotación ganadera.

CONCLUSIÓN

Los resultados de la evaluación de las tierras de la Unidad Geográfica del distrito de salto del Guairá, según su riesgo de erosión hídrica, utilizando la metodología adoptada para este estudio, permiten realizar las siguientes conclusiones.

Los suelos con riesgo de erosión hídrica *Ligero* según pendiente ocupan 26375 ha (19.46% del área); los de riesgo de erosión *Moderado* 75035 ha (55.37% del área); 30673 ha son ocupados con los de riesgo de erosión *Severo* (22.66% del área total). Los suelos con riesgo de erosión *Muy severo* ocupan 3429 has (2.53% del área total).

De las 135513.72 ha que componen el distrito de Salto del Guaira, 37998 ha están cubiertos por masa boscosa (28.08% del total); 33172 ha tienen una explotación agrícola (24.47% del área); 56707 ha esta ocupado por pasturas (41.84% del área); 5999 ha están conformados cuerpos de agua (4.42% del área) y 1635 ha conforman la parte urbana (1.2% del área).

Básicamente, según la textura del suelo, este distrito está conformado por dos tipos de clase, la Arcillosa Fina o Muy Fina y la Francosa Gruesa. La Arcillosa Fina o Muy Fina está representada por 46737 ha (36.1% del área). Este tipo de suelo tiene un riesgo de

erosión hídrica Ligerero según la textura. Está localizada en la mitad sur del distrito. La Francosa Gruesa está representado por 82776 ha (63.9% del área). Se ubica en la mitad norte del distrito. Este tipo de suelo tiene un riesgo de erosión hídrica Severo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertoni J & Lombardi Neto F. 1985. *Conservação do solo*. Livroceres, Brasil: 392 p
- Boul SW, Hole FD & Mccracken R.J.2000. *Genesis y clasificación de suelos*. Segunda edición. Editorial Trillas, Mexico: 417 p
- DGEEC. Paraguay. 2004. *Resultados Finales. Censo Nacional de Población y Viviendas*. Fernando de la Mora, Paraguay
- Hudson N. 2006. *Conservacion del Suelo*. Editorial Reverte, Barcelona, España 335 p
- Moore F. 2003.Comparacion de dos modelos digitales de elevación construidos a partir de dos fuentes diferentes (SRTM e IGM). Consultado el 2/10/2009.Disponible en <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos>.
- Sánchez Caballero C. 2009. *Estudio general de suelo y zonificación de tierras*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, Bogotá, Colombia: 556 p
- Sarubi R.MA. 2005. *Riesgo de erosión hídrica y tolerancia de pérdida de suelos de la unidad geográfica del sur oriental paraguayo*. Tesis, San Lorenzo, Paraguay. Universidad Nacional del Este: 54 p