

ASOCIACION DE MUNICIPIOS DE RIVAS
ALCALDIA MUNICIPAL DE CARDENAS



SUELOS, CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y CONFLICTOS
DE USO EN EL ÁREA SURESTE DEL MUNICIPIO CÁRDENAS



Elaborado por: Ph.D. Efraín Acuña, M.C. César Aguirre

Julio, 2009

I. INTRODUCCIÓN

El manejo inapropiado al cual ha sido sometido durante décadas los recursos naturales (principalmente suelos, agua y bosques), propiciado por políticas y estrategias de desarrollo inadecuadas y el impacto de numerosos fenómenos naturales (sequías, huracanes y tormentas tropicales) que han afectado el territorio, ha traído como consecuencia serios problemas sociales, económicos y ambientales, que ponen en riesgo el bienestar de la presente y futuras generaciones.

Por el contrario, los enfoques emergentes de desarrollo sustentable con base en el territorio y a diferentes escalas espaciales, ayudan a analizar de una manera integral las estrategias y acciones, que incluyen el uso y manejo sostenible de los recursos naturales. Además, señalan la necesidad de promover una efectiva coordinación institucional y crear los espacios para la plena participación de los diferentes actores en la ejecución, monitoreo y evaluación de las estrategias y acciones de desarrollo.

El enfoque territorial de desarrollo, que promueven las agencias internacionales y sus contrapartes nacionales -las entidades gubernamentales y no gubernamentales-, se dirige a los niveles municipal y departamental. La elaboración de Planes de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PDOT) es parte de esa estrategia; es en este sentido que la Asociación de Municipios de Rivas “AMUR”, en coordinación con la Municipalidad Regional del Condado Hollines-de-L’Outaouais (Canadá), DECOSUR/IDR-UE, MASRENACE/GTZ/APDEL/DANIDA, promueven la elaboración de “Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial” en los municipios de Rivas.

Se pretende que estos planes sean un instrumentos de planificación y gestión del desarrollo, que contemple una propuesta concertada para la mejor distribución de las actividades en el espacio, tomando en cuenta sus potencialidades, limitantes y conflictos, la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de usos múltiples, que permitan mejorar la calidad y nivel de vida de los habitantes

La formulación del PDOT requiere la implementación de una serie de procesos de análisis y síntesis de los aspectos naturales, sociales, económicos, políticos, administrativos y legales en las dimensiones urbano – rural. No obstante, la carencia de información confiable y actualizada, especialmente del recurso suelos y capacidad de uso de la tierra, ha repercutido negativamente en el avance de los procesos de ordenamiento territorial y en la elaboración de políticas, planes y proyectos de desarrollo, acordes a las restricciones y potencialidades de cada territorio en particular.

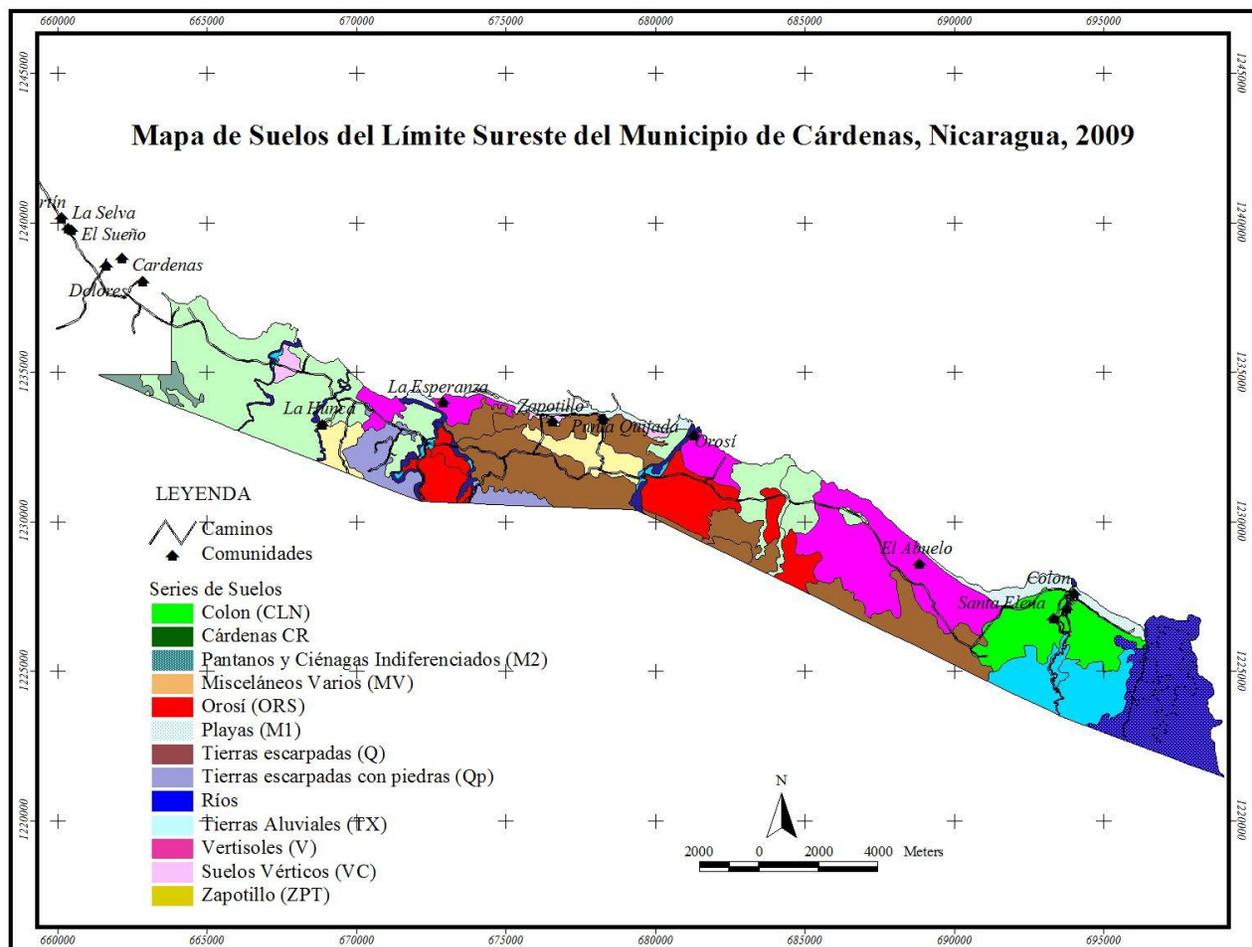
De acuerdo con Zinck (2005), la información de suelos es útil para detectar conflictos de uso, evaluar las aptitudes de las tierras para uso agrícola y uso urbano, establecer escenarios de uso de las tierras y proponer esquemas de usos preferidos. Además, las propiedades edáficas y la posición de los suelos en el paisaje determinan su susceptibilidad a ser dañados por procesos tales como erosión laminar, formación de cárcavas y movimientos en masa.

En el presente documento se describen los suelos del área sureste del municipio de Cárdenas, que representa el 57 % del territorio municipal, el uso que se les está dando, se evalúa la capacidad de usos de la tierra y los conflictos de uso, puntualizando los problemas más destacados y delimitando las áreas críticas; así como, una propuesta de estrategias y acciones que conlleven a manejar y conservar este recurso.

II. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO CÁRDENAS

En el área sureste del municipio de Cárdenas se identifica la serie de suelo (ver figura 1) Cárdenas (21.3 %), descrita por Catastro en 1971, pero a propuesta del equipo investigador se plantean 3 nuevas series, Zapotillo (18%), Orosí (8.1 %) y Colón (6.67 %). A estos hay que agregar los suelos misceláneos: Vertisoles (14.7 %), Pantanos y ciénagas indiferenciadas (9.64 %), Tierras Aluviales (6.34 %), Misceláneos Varios (3.82 %), Tierras Escarpadas (3.54 %), Playas (3.51 %) y Suelos Vérticos (0.87 %).

Figura 1. Mapa de suelos del área sureste del municipio Cárdenas



2.1. Descripción de las series de suelos de la parte sureste del municipio Cárdenas

2.1.1. Serie Cárdenas (CR)

Consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, arcillosos, pardo oscuros en la superficie y pardo amarillentos en el subsuelo, con permeabilidad moderadamente lenta, alta capacidad de humedad disponible y una zona radicular moderada a poco profunda. En el periodo lluvioso sufren hidromorfismo debido al exceso de agua en el suelo, lo cual dificulta la respiración de las raíces y se provoca un desequilibrio de nutrientes. Tienen pH de mediana a fuertemente ácido, son medios a pobres en materia orgánica, pobres en fósforo y potasio disponible, con una CIC y saturación de bases altas. Se encuentran en una zona de vida de bosque tropical húmedo, en las planicies moderadamente disectadas al sureste de Cárdenas; son usados principalmente con pastos y en menor medida por bosques. Ocupan un área de 27.49 km², equivalente al 21.3 % del área estudiada.



Fig. 2 Perfil suelo CRc



Fig. 3 Paisaje serie de suelo Cárdenas

Fig. 4 Perfil suelo CRd



Fases de la serie de suelos Cárdenas (CR)

CRc: Similares al suelo típico de la serie, pero en pendientes de 4 a 8 %, de leve a moderadamente erosionados, por lo que se requiere de cobertura vegetal permanente para reducir el riesgo de erosión. Son más aptos para pastos, forestal y bosque.

CRd: Suelos en pendientes de 8 a 15 %, similares al suelo típico de la serie, moderadamente superficiales, pero algunos son superficiales. Son aptos para pastos con árboles, forestal y bosque.

CRe: Suelos en pendiente de 15 a 30 %, moderadamente profundos a moderadamente superficiales. Presentan alto riesgo de erosión, razón por la cual se deben manejar con cobertura vegetal permanente. Son más aptos para pastos con árboles, forestal y bosque.

Descripción del perfil representativo de la serie Cárdenas (CRc)

Horizonte	Características
A 0 a 14 cm	Color 10YR 2/1, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios y finos, consistencia ligeramente friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes mesoporos y microporos, límite neto y plano, abundantes raíces finas. Con pH fuertemente ácido (5.34), contenido medio de materia orgánica (2.97 %), pobre en fósforo (8.8 ppm) y pobre en potasio disponible (0.10 meq/100 g de suelo), CIC alta (47.69 meq/100 g) y una saturación de bases alta (52.71 %).
Bt_{g1} 14 a 45 cm	Color 10YR 4/4, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios y finos, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes meso y microporos, límite gradual y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH fuertemente ácido (5.34), pobre en materia orgánica (0.35 %), pobre en fósforo (1.4 ppm) y pobre en potasio disponible (0.03 meq/100 g), CIC muy alta (65.89 meq/100 g) y una saturación de bases alta (56.12 %).
Bt_{g2} 45 a 92 cm	Color 2.5YR 5/4, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares, consistencia ligeramente friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes microporos y pocos macroporos, límite gradual y ondulado, pocas raíces finas.
BC 92+ cm	Color 2.5YR 5/2, textura arcillo limosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo y ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite gradual y ondulado, sin presencia de raíces.

Descripción del perfil representativo de la serie Cárdenas (CRd)

Horizonte	Características
A 0 a 6 cm	Color YR 3/2, textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares medios y finos, consistencia dura en seco, friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundante meso y microporos, límite gradual y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH fuertemente ácido (5.33), alto en materia orgánica (5.3 %), pobre en fósforo (1.6 ppm) y pobre en potasio disponible (0.19 meq/100 gr de suelo), CIC alta (29.67 meq/100 gr) y saturación de bases alta (72.4 %)
Bt₁ 6 a 39 cm	Color 7.5 YR 3/4, textura arcillosa, estructura prismática, columnar a bloques angulares gruesos, consistencia dura en seco, firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundante meso y microporos, límite neto y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH medianamente ácido (6), pobre en materia orgánica (1.12 %), pobre en fósforo (1.6 ppm) y pobre en potasio disponible (0.08 meq/100 gr de suelo), CIC alta (32.97 meq/100 gr) y saturación de bases alta (88 %).
Btg₂ 39 a 58 cm	Color de la matriz 10 YR 6/2 con concreciones 10 YR 5/3 y 2.5 Y 5/2, textura arcillosa, estructura masiva y prismática a columnar, consistencia dura en seco, firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y ondulado, sin presencia de raíces. Con pH ligeramente ácido (6.4), pobre en materia orgánica (0.35 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobre en potasio disponible (0.07 meq/100 gr de suelo), CIC alta (35.59 meq/100 gr) y saturación de bases alta (91.9 %).
R 58 a 70 + cm	Color 2.5 Y 7/2, textura arcillosa, estructura masiva.

2.1.2. Serie de suelos Zapotillo (ZPT)

Consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, arcillosos, pardo oscuros en la superficie y pardo rojizos a rojizos en el subsuelo, en pendientes de 4 a 30 %, con permeabilidad moderadamente lenta, alta capacidad de humedad disponible y una zona radicular moderadamente profunda, con erosión leve a moderada. Debido a la presencia de una capa cementada en el subsuelo ocurre un exceso de agua en el periodo lluvioso, lo cual favorece el proceso de hidromorfismo del suelo, que dificulta la respiración de las raíces y provoca un desequilibrio de nutrientes.

Tienen pH medianamente ácido, son altos a medios en materia orgánica, medios a pobres en fósforo y pobres en potasio disponible, con una CIC muy alta y saturación de bases altas.

Se encuentran en una zona de vida de bosque tropical húmedo, en un relieve colinado, en los alrededores de Zapotillo. Son aptos para pastos con árboles, cultivos anuales, semiperennes bajo sistemas agroforestales, forestal y bosque; actualmente, son usados principalmente con frijol, maíz, pastos y musáceas, en menor medida por bosques; pero, Ocupan un área de 23.21 Km², equivalente al 18 % del área estudiada.



Fig. 5 Perfil suelo Zapotillo



Fig. 6 Paisaje de serie de suelo Zapotillo

Descripción del perfil representativo de la serie Zapotillo (ZPT)

Horizonte	Características
<p>A 0 a 10 cm</p>	<p>Color 10 YR 2/1, textura arcillosa, estructura en bloques sub angulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes macro y mesoporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH ligeramente ácido (6.47), alto en materia orgánica (4.06 %), altos en fósforo (20.09 ppm) y altos en potasio disponible (0.9 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (69.17 meq/100 gr) y saturación de bases alta (87.5 %)</p>
<p>AB 10 a 19 cm</p>	<p>Color 7.5 YR 4/4, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares gruesos y medios, consistencia firme a muy firme en húmedo, plástica y ligeramente adhesiva en mojado; frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH medianamente ácido (5.62), medio en materia orgánica (3 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobre en potasio disponible (0.16 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (61.12 meq/100 gr) y saturación de bases alta (86.6 %).</p>
<p>Bt₁ 19 a 34 cm</p>	<p>Color de la matriz 5 YR 4/6, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios, consistencia firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite gradual y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH fuertemente ácido (5.55), pobre en materia orgánica (0.56 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobre en potasio disponible (0.12 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (63.2 meq/100 gr) y saturación de bases alta (76.8 %).</p>
<p>Bt₂ 34 a 51 cm</p>	<p>Color de la matriz 5 YR 5/8, textura arcillosa con 2 % de fragmentos de toba, estructura en bloques angulares, consistencia firme en húmedo, plástica y ligeramente adhesiva en mojado, frecuentes meso y abundantes microporos, límite gradual y ondulado, pocas raíces finas.</p>
<p>Cg₁ 51 a 70 cm</p>	<p>Color de la matriz 5 YR 6/8 con concreciones 2.5 Y 6/4 (40%), textura franco arcillosa, estructura masiva a bloques angulares, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite gradual y ondulado, muy pocas raíces finas.</p>
<p>Cg₂ 70 a 85 + cm</p>	<p>Color de la matriz 10 YR 4/6 con concreciones 2.5 Y 5/3 (50%), textura arcillosa con fragmentos de toba, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes microporos, muy pocas raíces finas.</p>

2.1.3. Serie de suelos Orosí (ORS)

Consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, en pendientes de 4 a 15 %, arcillosos, pardo oscuros en la superficie y pardo amarillentos en el subsuelo, con permeabilidad moderadamente lenta, alta capacidad de humedad disponible y una zona radicular moderadamente profunda. Debido a la presencia de una capa cementada en el subsuelo, ocurre un exceso de agua en el periodo lluvioso, lo cual favorece el proceso de hidromorfismo del suelo, que dificulta la respiración de las raíces y provoca un desequilibrio de nutrientes.

Tienen pH fuertemente ácido, son medios a pobres en materia orgánica, pobres en fósforo y potasio disponible, con una CIC y saturación de bases alta. Presentan erosión leve a moderada.

Se encuentran en una zona de vida de bosque tropical húmedo, en un relieve ondulado en los alrededores de la hacienda Orosí. Son aptos para pastos con árboles, sistemas agroforestales, forestal y bosque; actualmente son usados principalmente con pastos y en menor medida por bosques. Ocupan un área de 10.44 km², equivalente al 8.1 % del área estudiada.



Fig. 7 Perfil suelo Orosí



Fig. 8 Paisaje serie de suelo Orosí

Descripción del perfil representativo de la serie Orosí (ORS)

Horizonte	Características
<p>A 0 a 9 cm</p>	<p>Color YR 2/1, textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundante meso y microporos, límite neto y plano, abundantes raíces finas. Con pH fuertemente ácido (5.52), alto en materia orgánica (4.3 %), pobre en fósforo (2.9 ppm) y medio en potasio disponible (0.25 meq/100 gr de suelo), CIC alta (29.7 meq/100 gr) y saturación de bases alta (66.8 %)</p>
<p>AB 9 a 20 cm</p>	<p>Color 10YR 3/3, textura arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios y finos, consistencia friable en húmedo, plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundante meso y microporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH moderadamente ácido (5.89), pobre en materia orgánica (1.17 %), pobre en fósforo (3 ppm) y pobre en potasio disponible (0.07 meq/100 gr de suelo), CIC alta (27.7 meq/100 gr) y saturación de bases alta (74.4 %).</p>
<p>Btg₁ 20 a 45 cm</p>	<p>Color de la matriz 2.5 Y 5/2 y concreciones 5YR 4/4 (40 %), textura arcillosa, estructura masiva a bloques angulares gruesos, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos y algunos mesoporos, límite neto y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH medianamente ácido (6), pobre en materia orgánica (0.35 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobre en potasio disponible (0.08 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (43.78 meq/100 gr) y saturación de bases alta (59.8 %).</p>
<p>Btg₂ 45 a 70 cm</p>	<p>Color de la matriz 2.5 Y 5/3 y concreciones 5YR 5/8 (20 %), textura arcillosa con 2 % de gravas, estructura bloques angulares gruesos, consistencia firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas</p>
<p>C 70 a 92 cm</p>	<p>Color 2.5 Y 5/3, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, muy pocas raíces finas</p>
<p>R 92 a 98 + cm</p>	<p>Color 10 YR 7/3, ceniza volcánica cementada.</p>

2.1.4. Serie de suelos Colón (CLN)

Consiste de suelos moderadamente profundos, arcillosos, pardo oscuros en la superficie y pardo amarillentos en el subsuelo, con permeabilidad moderadamente lenta, una tabla de agua alta en el periodo lluviosa, alta capacidad de humedad disponible y una zona radicular moderadamente profunda. Debido a la presencia de una capa cementada en el subsuelo, ocurre un exceso de agua en el periodo lluvioso, lo cual favorece el proceso de hidromorfismo del suelo, lo cual dificulta la respiración de las raíces y provoca un desequilibrio de nutrientes.

Tienen pH fuertemente ácido, son medios a pobres en materia orgánica, medios a pobres en fósforo y altos en potasio disponible, con una CIC y saturación de bases altas.

Se encuentran en una zona de vida de bosque tropical húmedo, en un relieve plano al sur – suroeste del poblado de Colón. Son aptos para pastos, sistemas agroforestales, forestal y bosque; actualmente son usados principalmente con bosque secundario, pastos y en menor medida por cultivo tales como el arroz y frijol de apante. Ocupan un área de 8.6 km², equivalente al 6.67 % del área estudiada.

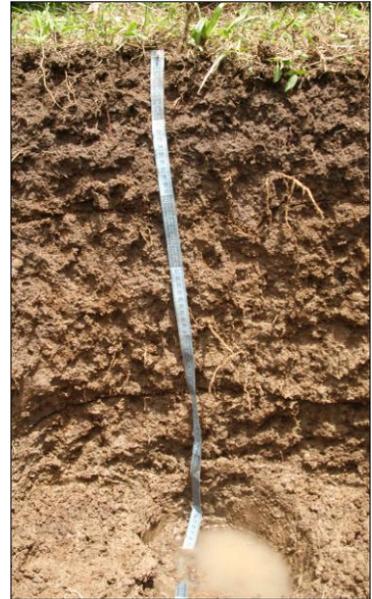


Fig. 9 Perfil suelo Colón



Fig. 10 Paisaje de suelo Colón

Descripción del perfil representativo de la serie Colón (CLN)

Horizonte	Características
A 0 a 23 cm	Color 10 YR 3/2, textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares y subangulares medios y finos, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes macroporos y mesoporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas y medias. Con pH fuertemente ácido (5.26), medio en materia orgánica (2.33 %), medio en fósforo (14 ppm) y alto en potasio disponible (0.46 meq/100 gr), CIC alta (37.93 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases alta (67.65 %)
Btg₁ 23 a 50 cm	Color 2.5 Y 4/2 (50 %) y 10 YR 5/6 (50 %), textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares medios y finos, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundante mesoporos y microporos, límite gradual y ondulado, abundantes raíces finas y medias. Con pH muy ligeramente ácido (6.64), pobre en materia orgánica (0.45 %), pobre en fósforo (5.8 ppm) y alto en potasio disponible (0.35 meq/100 gr), CIC alta (34.91 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases media (30.73 %)
Btg₂ 50 a 70 + cm	Color 10 YR 5/1(40 %) y 10 YR 3/6 (60 %), textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares medios, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundante mesoporos y microporos, pocos mesoporos; límite gradual y ondulado, pocas raíces finas. Con pH medianamente ácido (5.94), pobre en materia orgánica (0.2 %), pobre en fósforo (9.6 ppm) y pobre en potasio disponible (0.17 meq/100 gr), CIC alta (31.26 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases de alta (78.92 %)
C 68 a 89 + cm	Color del suelo 2.5 YR 4/6, textura arcillosa arenosa, estructura masiva y bloques angulares, consistencia ligeramente friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundante microporos, pocos mesoporos; límite neto y ondulado.

2.2. Descripción de los suelos misceláneos

2.2.1. Suelos Vertisoles (V)

Son suelos arcillosos negros y pesados, profundos a moderadamente profundos, pobremente drenados, permeabilidad muy lenta, capacidad de humedad disponible moderadamente alta y una zona radicular moderadamente profunda. Se han derivado de materiales madres básicos como cenizas volcánicas, toba y basalto. Generalmente son pobres en fósforo y medios en potasio. En la época seca se agrietan (las grietas varían de 3 a 5 cm de espesor y de 50 cm a más de profundidad), lo cual causa ruptura de las raíces y stress a las plantas. Ocupan un área de 18.95 Km², equivalente a 14.7 % del territorio estudiado. Son aptos para pastos y forestales.



Fig. 11 Perfil suelo Vertisol

La unidad de suelos Vertisoles presentes en el municipio es la **Va**, que consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, en pendientes de 0 a 2 %, susceptibles a encharcamiento.



Fig. 12 Paisaje de suelo Vertisol

2.2.2. Pantanos y Ciénagas indiferenciados (M2)

Se trata de suelos en áreas planas que son frecuentemente inundadas y tienen una tabla de agua alta durante la mayor parte del año, tal como ocurre en los alrededores del río Toro; éstos se clasifican como pantanos y ciénagas; los pantanos soportan vegetación de zacates, mientras que las ciénagas soportan vegetación arbórea. Ocupan un área de 12.43 Km², equivalente a 9.64 % del territorio estudiado.

Dichos suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos, pobremente drenados, con colores grises en todo el perfil, textura arcillosa, muy fuertemente ácidos, altos en materia orgánica, pobres en fósforo y potasio disponible.



Fig. 13 Perfil de suelo Pantanos y Ciénagas



Fig. 14 Paisaje de suelo Pantanos y Ciénagas

Pantanos y Ciénagas (M2)

Descripción del perfil representativo del suelo

Horizonte	Características
A 0 a 17 cm	Color 2.5 Y 2.5/1, textura arcillosa, estructura prismática, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundantes microporos y pocos mesoporos, límite neto y plano, abundantes raíces finas y medias. Con pH muy fuertemente ácido (4.98), alto en materia orgánica (4.1 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobres en potasio disponible (0.1 meq/100 gr de suelo), CIC alta (39.5 meq/100 gr) y saturación de bases alta (63.92 %)
Ag₁ 17 a 31 cm	Color de la matriz 2.5 Y 4/1 y concreciones 2.5 Y 4/8 (10 %), textura arcillosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, pocas raíces finas y medias. Con pH muy fuertemente ácido (4.7), pobre en materia orgánica (1.4 %), pobre en fósforo (0 ppm) y pobre en potasio disponible (0.07 meq/100 gr de suelo), CIC alta (31.4 meq/100 g) y saturación de bases alta (63.5 %).
Ag₂ 31 a 66 cm	Color de la matriz 2.5 Y 5/4 y concreciones 10 YR 5/6 (30 %) y 10 YR 4/1 (10 %), textura arcillosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, pocas raíces finas. Con pH extremadamente ácido (4.47), pobre en materia orgánica (1.3 %), pobre en fósforo (0.2 ppm) y pobre en potasio disponible (0.06 meq/100 gr de suelo), CIC alta (30.8 meq/100 gr) y saturación de bases alta (77.9 %).
Ag₃ 66 a 77 cm	Color de la matriz 2.5 Y 5/2 y concreciones 2.5 YR 4/8 (25 %), textura arcillosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, sin presencia de raíces.
Cg 77 + cm	Color 2.5 Y 6/1, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos.

2.2.3. Tierras escarpadas (Q)

Consiste de suelos muy variados que se caracterizan por encontrarse en lugares accidentados, con pendientes que van de 15 a más de 30 %; son profundos a superficiales, bien drenados y presentan texturas desde arenosas hasta arcillosas, en algunas áreas son pedregosos. Ocupan un área de 5.82 km², equivalente al 4.54 % del territorio estudiado.

Unidades de las tierras escarpadas (Q)

Qp: Suelos de texturas variadas, superficiales a muy superficiales, bien drenados, con escurrimiento superficial rápido, en pendientes de 15 a 45 %; pueden presentar cantidades moderadas a abundantes de rocas de diversos tamaños en la superficie y en el perfil. Son aptos para la protección de la vida silvestre y el ecoturismo.



Fig. 15 Perfil de suelo Qf

Qe: Suelos en pendientes de 15 a 30 %, con textura que varía de franca, franco arcillosa a arcillosa, permeabilidad moderadamente rápida y escurrimiento superficial rápido; pueden presentar cantidades moderadas de rocas de diversos tamaños en la superficie y en el perfil. Son aptos para uso forestal, bosques, protección de la vida silvestre y el ecoturismo.



Fig. 16 Paisaje de suelo Qf

2.2.4. Tierras Aluviales (TX)

Consisten de depósitos de materiales estratificados recientes derivadas de ceniza volcánica y tobas, lavados de las tierras altas adyacentes y que son depositados por corrientes de agua (ríos) en las tierras bajas. Generalmente se encuentran en áreas angostas y alargadas, algunos en terrazas bajas; tienen mucha variación en drenaje y textura en distancias cortas. Ocupan un área de 8.17 Km², equivalente a 6.34 % del territorio estudiado.

La unidades de los suelos Aluviales predominante en esta parte del municipio es la **TXa**, que consiste de suelos profundos a moderadamente profundos, en pendiente menor a 2 %, bien drenados, francos a franco arcillosos. Tienen permeabilidad moderada y capacidad de humedad disponible moderada.



Fig. 17 Paisaje de suelo Aluvial

2.2.5. Misceláneos Varios (MV)

Consiste de suelos bien drenados, con texturas que varían de franco arcillosa hasta arcillosa, con profundidades de 15 a 40 centímetros. Se derivan de toba dacítica o ignimbrítica sobre un domo que se extiende paralelo al lago de Nicaragua, en el sector de Zapotillo; tienen permeabilidad moderada, baja capacidad de retención de humedad. Ocupan un área de 4.92 km², que equivale al 3.82 % del territorio estudiado.



Fig. 18 Paisaje de suelo MV

2.2.6. Playas (M1)

Consisten de arenas depositadas por el lago de Nicaragua, en pendientes de 0 a 8 %; las partes más bajas de las playas se inundan con oleaje alto. Estos depósitos son generalmente profundos, de textura franco arenosa a arenosa, excesivamente drenados y permeabilidad rápida. Ocupan un área de 4.53 Km², equivalente a 3.51 % del territorio estudiado.

En el municipio de Cárdenas se encuentran las unidades **M1a**, que consiste de playas en pendientes de 0 a 2 %, de textura franca a arenosa, y **M1c**, que son playas en pendientes de 4 a 8 %, de textura franca a franco arenosa.

2.2.7. Suelos Vérticos (VC)

Son suelos casi negros a pardo oscuros en la superficie y franco arcillosos en la superficie y arcillosos en el subsuelo; moderadamente bien drenados a algo pobremente drenados, que varían de profundos a moderadamente superficiales. Se derivan de depósitos de materiales volcánicos de textura fina; se encuentran en pendientes casi planas a ligeramente inclinadas con pendientes de 0 a 4 %. Ocupan una extensión de 1.2 Km² (0.87 % del territorio estudiado).



Fig. 19 Paisaje suelo VC

Unidades de los suelos Vérticos (VC)

VCa: Consiste de suelos bien drenados, profundos a moderadamente profundos, en pendientes de 0 a 1.5 %. Tienen textura franco arcillosa o franca en la superficie y arcillosa en el subsuelo, con permeabilidad moderadamente lenta. Áreas con gradiente de desagüe son aptas para pastos y cultivos anuales, entre otros.

VCb: Suelos de textura franco arcillosa en la superficie y arcillosa en el subsuelo, con drenaje moderado lento, en pendientes entre 1.5 y 4 %. Son más aptos para arroz, pasto y forestal

VCc: Suelos de textura arcillosa, en pendientes de 4 a 8 %, con drenaje moderado lento y erosión moderada a severa. Son más aptos para pasto y forestal.

III. CAPACIDAD DE USOS DE LA TIERRA

Un poco mas de la mitad de la parte sureste del municipio Cárdenas (53.53 % del territorio estudiado) tiene vocación agrícola (ver tabla 1 y figura 20), pero con moderadas restricciones tales como textura arcillosa, drenaje imperfecto, desequilibrio de nutrientes, entre otras; mientras que un 30.3 % del área estudiada tiene vocación forestal. Por otro lado, el 16.3 % del área debería ser destinado a la protección de la vida silvestre.

Tabla 1. Clases de capacidad de uso de la tierra en el municipio Cárdenas

Clase	Descripción	Área (Km ²) / % Área total
IV	Poco profundos (25 a 50 cm), con fuertes limitaciones (relieve ondulado, pendientes de 8 a 15 %, erosión severa, textura gruesa en la superficie y muy gruesas en el subsuelo o finas en la superficie y muy finas en el subsuelo, fertilidad media, salinidad leve, drenaje interno imperfecto a moderadamente excesivo, riesgo de inundación moderado) que solas o combinadas restringen la amplitud de uso a vegetación semipermanente y permanente. Cultivos anuales pueden desarrollarse sólo de manera ocasional y con prácticas muy intensivas de conservación de suelos y agua.	68.94 Km ² / 53.53 %
V	Tierras en pendientes menores a 2 %, con severas limitaciones tales como profundidad efectiva de 50 a mas 100 cm, arcillosos en todo el perfil (Vertisoles), drenaje interno imperfecto con fuertes problemas de encharcamientos, que solas o combinadas restringen su uso a pastos, regeneración natural, forestales, SAF, arroz y caña de azúcar.	18.95 Km ² / 14.71%
VI	Con severas limitaciones (relieve fuertemente ondulado, pendientes de 15 a 30 %, erosión severa, profundidad menor de 40 cm, texturas muy gruesas, muy baja fertilidad, salinidad moderada, drenaje interno moderado, excesivo o moderado lento) que solas o combinadas restringen uso a la producción forestal y cultivos permanentes (pastos y frutales), pero con prácticas intensivas de conservación suelos y agua.	19.78 Km ² / 15.37 %
VII	Con limitaciones muy severas (relieve escarpado, pendientes de 30 a 75 %, erosión severa, pedregosos en la superficie y en el perfil) que solas o combinadas restringen su uso a bosques.	0.24 Km ² / 0.19 %
VIII	No reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna, debido al alto riesgo ambiental que implican estos usos. Son áreas con suelos superficiales ó pedregosos en terrenos escarpados; deben destinarse a la preservación de la vida silvestre, protección de áreas de recarga acuífera, belleza escénica, entre otras.	20.92 Km ² / 16.26 %

Fuente: MIFIC. 2007. Norma Técnica Nicaragüense para el Uso y Manejo del Suelo (NTN 11 020 – 07)

Fig. 20 Mapa de clases de capacidad de uso de la tierra en la parte sureste de Cárdenas

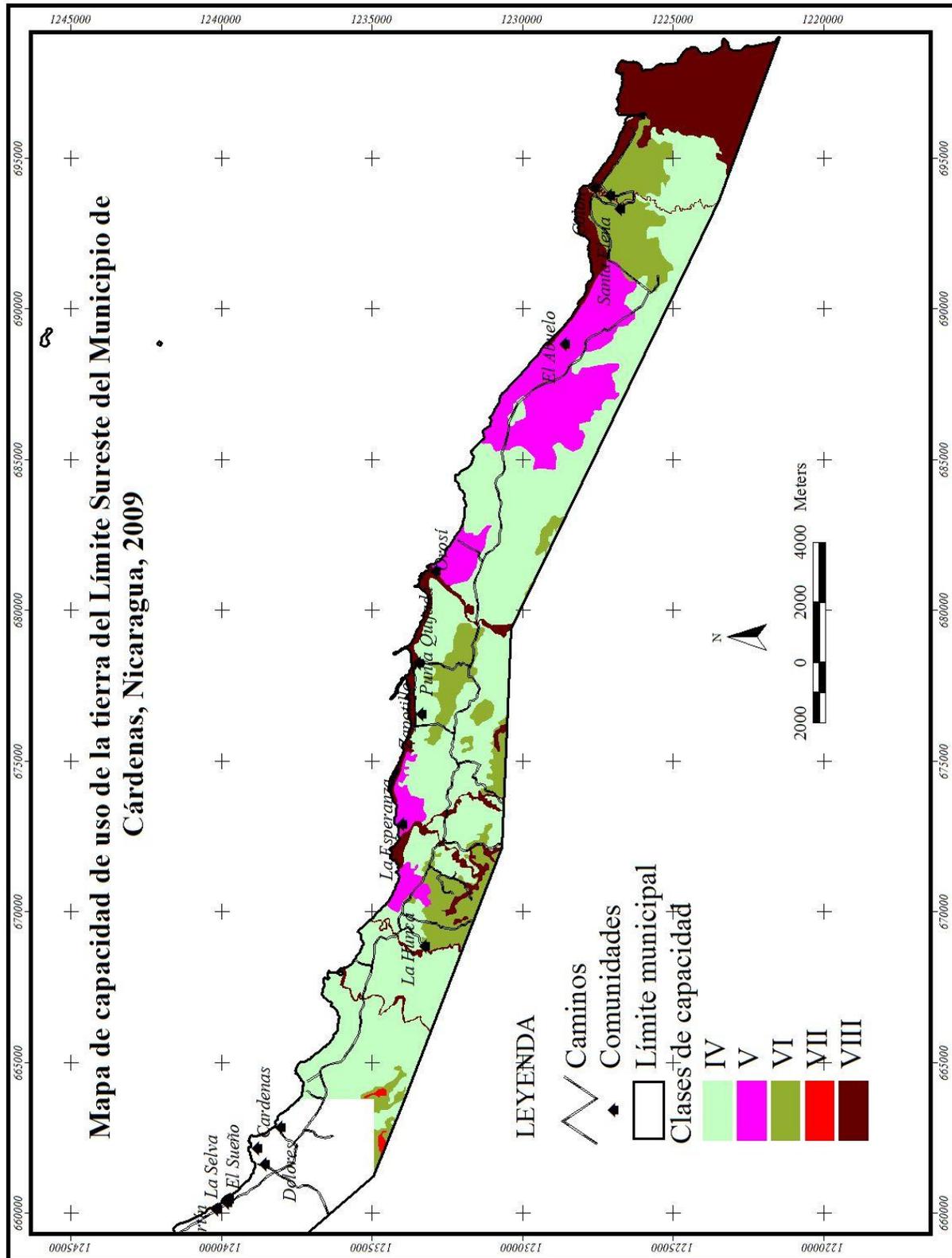


Tabla 2. Recomendaciones de uso y manejo de suelos por clases de capacidad de uso de la tierra

Clase	Uso recomendado	Manejo
IV	<p>Cultivos semi perennes: musáceas, frutales, cultivos de enramadas.</p> <p>Cultivos perennes: sistemas agroforestales con frutales, sistemas silvopastoriles con pastos extensivos combinados con pastos de corte, plantaciones forestales.</p> <p>Cultivos anuales: con prácticas de conservación especiales, granos básicos, raíces y tubérculos, hortalizas, cucurbitáceas, cultivos de enramadas.</p>	<p>Protección fuentes de agua, manejo de rastrojos, cobertura permanente, siembra en contorno, rotación de cultivos, barreras vivas o muertas, acequias, diques. Manejo de pasturas, cercas vivas, sistemas agroforestales, pastoreo rotativo y manejo de carga animal, plantaciones forestales, cortinas rompe viento.</p>
V	<p>Pastos, regeneración natural, plantaciones forestales, sistemas agroforestales y silvopastoriles, arroz.</p>	<p>Protección de fuentes de agua, manejo de rastrojos (no quema), cobertura permanente, siembra en contorno, rotación de cultivos, canales de drenaje. Cercas vivas, sistemas agroforestales, manejo de pasturas (no quema). Plantaciones forestales, regeneración natural, rondas corta fuego.</p>
VI	<p>Cultivos semi perennes: musáceas, raíces y tubérculos, frutales, plantas medicinales. Cultivos perennes: Sistemas agro-forestales con plantas medicinales, forestales.</p>	<p>Protección fuentes de agua, manejos de rastrojos, cobertura permanente, sistemas agroforestales, diques, barreras muertas, agricultura de conservación. Manejo de pastos, cobertura permanente, cercas vivas. Forestales, regeneración natural</p>
VII	<p>Plantaciones forestales, Sistemas agroforestales con: café, frutales, nueces, aromáticas y medicinales.</p>	<p>Protección de fuentes de agua, manejo de rastrojos, SAF, aprovechamiento forestal selectivo, rondas corta fuego</p>
VIII	<p>Zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.</p>	<p>Preservación de suelos, flora y fauna</p>

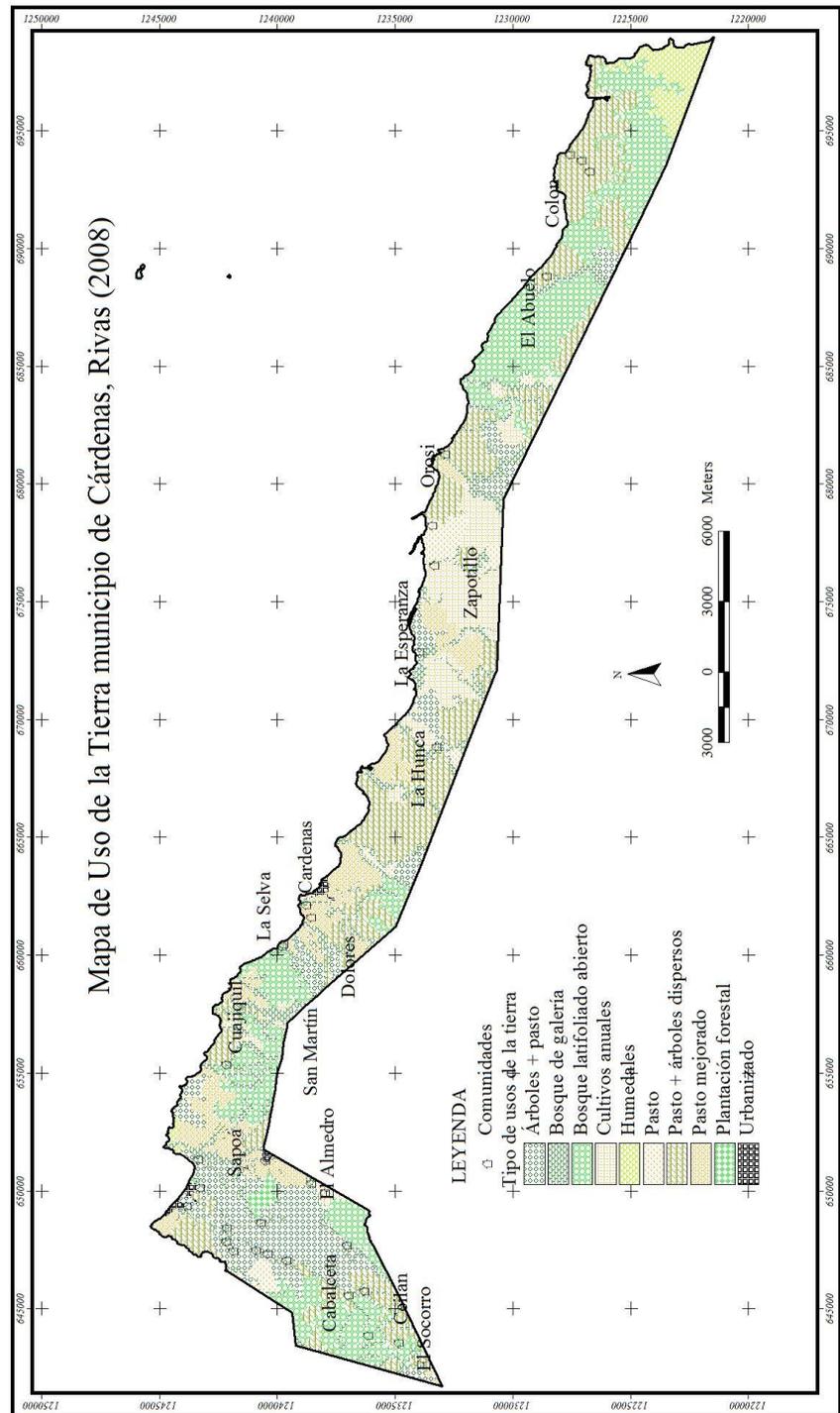
IV. USOS DE LOS SUELOS Y CONFLICTOS DE USOS LA TIERRA

4.1. Uso del suelo en el municipio Cárdenas

El territorio del municipio Cárdenas está usado en una importante proporción por actividad agropecuaria, con un 44.54 % del área con este uso (ver figura 21); sin embargo, la mayor parte de esta área está utilizada con pastos (83.29 %) y una menor proporción está con cultivos (16.71).

Mientras que el bosque cubre un tercio del área municipal; el 12.35 % corresponde a bosque de galería y el 24.56 % a bosque latifoliado abierto.

Figura 21. Mapa de uso del suelo del municipio Cárdenas



4.2. Conflictos de uso de la tierra

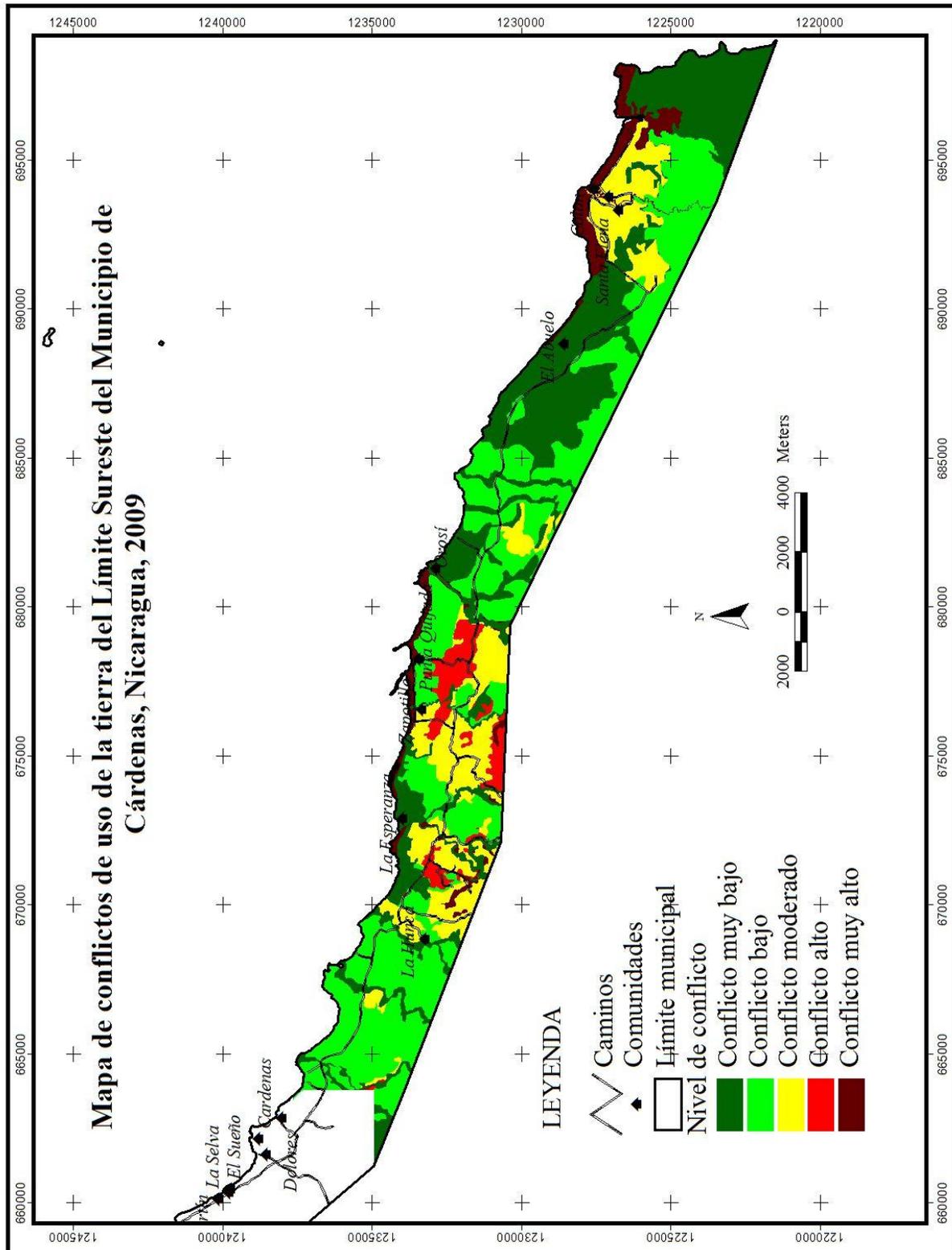
Las Clases de Capacidad de Usos de la Tierra indican la vocación de uso para un territorio; sin embargo, el uso que se le podría estar dando en la realidad, puede ser diferente. Esta contradicción entre el uso actual y el ideal se conoce como *Conflictos de Uso de la Tierra*. Tal como se muestra en la tabla 3 y figura 22, en la parte sureste del municipio de Cárdenas pueden diferenciarse 5 categorías de conflictos:

Tabla 3. Categorías de conflictos de uso de la tierra en el municipio Cárdenas

Conflicto	Descripción	Área (Km ²) / % Área total
Muy Bajo	Donde el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial; por ejemplo, suelos Cárdenas en áreas ligeramente inclinadas usados con pastos, para lo cual son aptos.	42.07 Km ² / 32.81 %
Bajo	El suelo puede llegar a tener el uso potencial, pero con leves restricciones; por ejemplo, suelos en pendiente de 2 a 8 % usados para cultivos de surcos, pero si prácticas de conservación de suelos que eviten la erosión).	51.99 Km ² / 40.43 %
Moderado	El uso potencial del suelo presenta restricciones moderadas para el uso o usos que se estén practicando; por ejemplo, suelos en pendientes de 8 a 15 % usados con cultivos anuales de surcos, pero si prácticas de conservación de suelos que eviten su degradación.	22.09 Km ² / 17.22 %
Alto	Cultivos anuales de surcos en tierras cuyo potencial no es agrícola (por ejemplo, clase VI), sino que deberían ser usados con cultivos permanentes, o una cubierta vegetal protectora o áreas boscosas manejadas. Por ejemplo, suelos en pendiente de 15 a 30 % usados con cultivos de subsistencia (maíz, frijol).	5.29 Km ² / 4.12 %
Muy Alto	Tierras en donde se practica agricultura, pero que deberían ser áreas de cultivos permanentes o forestales.	7.25 Km ² / 5.63 %

De acuerdo con estos resultados, la mayor parte del territorio está siendo utilizado de acuerdo a su capacidad de uso, ya que casi tres cuartas partes del territorio estudiado (73.24 %) presentan conflictos bajo a muy bajo; únicamente el 9.75 del territorio evaluado presenta conflictos significativos de uso de la tierra (conflicto alto a muy alto). No obstante, no se debe descuidar el 17.22 % del territorio que tiene conflicto moderado, principalmente aquellas áreas en pendientes moderadas que están usadas con pastos y cultivos, en las cuales se debe evitar la erosión y por ende reducir el riesgo de su degradación. Es por ello que se recomienda el establecimiento de sistemas agroforestales.

Fig. 22 Mapa de conflictos de uso de la tierra en el área sureste del municipio Cárdenas



V. ECOSISTEMAS DE SUELOS, SU PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

Jurdant y colaboradores (1977) introdujeron el término “Distritos ecológicos de tierras” para definir una porción del territorio caracterizado por patrones similares de relieve, geología, geomorfología y vegetación. Por su parte, Boul y colaboradores (1997) definen un ecosistema terrestre o de suelos como una unidad en el paisaje compuesto por ambas fases, comunidades biótica (establecimiento de organismos) y abiótica (sin vida), todo lo que constituye el dominio de lo que conocemos como suelo. De esta manera, un ecosistema puede incluir a una planta individual o a una vegetación, un suelo en catenas (toposecuencias) y asociaciones bióticas, u otras unidades utilizadas en el relieve.

La necesidad de ubicar y describir la problemática de los suelos y algunas alternativas de manejo, ha llevado a introducir el concepto “ecosistemas de tierras”; éste se puede definir como un **medio natural donde existen condiciones biofísicas similares, tales como relieve, clima, geología, paisaje, drenaje, así como el uso y manejo de sus recursos**. Esto significa que una asociación de suelos puede presentar morfología interna y taxonomía seguramente diferente, pero que por sus condiciones de relieve y clima, los usuarios de la tierra le dan un mismo tratamiento, y por tanto estos se encuentran expuestos a los mismos factores degradantes. Partiendo de este concepto se logran identificar los siguientes ecosistemas en la parte sureste del municipio.

- ☞ **Suelos de ladera moderadamente profundos a superficiales** que incluye los suelos misceláneos Tierras Escarpadas, Misceláneos Varios y la Serie Zapotillo.
- ☞ **Planicie de origen volcánico reciente** que comprende las series de suelos Cárdenas, Orosí y Colón.
- ☞ **Planicie de origen sedimentario compuesta por los suelos Vertisoles**
- ☞ **Planicie inundable de la zona costera del Lago de Nicaragua**, que incluye los suelos misceláneos aluviales, pantanos y ciénagas indiferenciados.

La problemática de los suelos del área estudiada se analiza por ecosistema identificado; a la vez, se hace una propuesta de alternativas de manejo de suelos que ayuden a mantener o restaurar la fertilidad física, química y biológica de los mismos.

5.1. Suelos de ladera moderadamente profundos a superficiales

Se localizan en la parte sureste del municipio en la cordillera fronteriza con Costa Rica, formada de toba dacita – ignimbrita, basalto, cenizas y piroclastos indiferenciados. A este ecosistemas pertenecen los suelos misceláneos Tierras Escarpadas (Q), Misceláneos Varios (MV) y la serie Zapotillo (ZPT); en su mayor parte son superficiales a moderadamente profundos y en el caso de las tierras escarpadas algunas áreas tienen piedras en la superficie y en el perfil.

Los suelos Misceláneos Varios y la serie Zapotillo son los que soportan los cultivos frijol, maíz y musáceas que se establecen en esta zona. En las Tierras Escarpadas se encuentran áreas de bosques y plantaciones forestales; si embargo, en algunas áreas se observa un avance gradual de la frontera agrícola, donde se practica el sistema de tumba, roza y quema.

Limitantes y/o problemas del ecosistema

- **Erosión:** favorecida por la agresividad de las lluvias, relieve inclinado, susceptibilidad del suelo a la erosión - en gran medida relacionada con su origen de cenizas volcánicas y la

inestabilidad con su ambiente-, deforestación y uso inadecuado del suelo, lo cual trae como consecuencia compactación, sellamiento superficial, arrastre del suelo y con él de los nutrientes y la materia orgánica, la sedimentación de ríos y del Lago de Nicaragua.

- ***Pérdida de materia orgánica***: causada por la erosión de la capa superficial, quemadas, lo que repercute en la capacidad de infiltración del agua, la reducción de la vida en el suelo y una estructura débil que los vuelve vulnerables a la erosión.
- ***Baja disponibilidad de nutrientes N, P y K***: favorecida por la erosión, lavado por exceso de lluvia, que repercute en una disminución de la calidad y cantidad de las cosechas.
- ***Baja capacidad de infiltración***: relacionada con una pobre estructuración del suelo, textura arcillosa, disminución de la cobertura vegetal, que incide en una alteración del ciclo hidrológico.
- ***Pedregosidad***: principalmente en algunas áreas de Tierras Escarpadas.

Alternativas para el manejo de suelos

- Transferencia de tecnología apropiada. Promover un programas de conservación de suelos que incluya sistemas agroforestales, cero labranza, siembra tapada y al espeque en áreas de laderas bajo cultivos anuales.
- Promover el manejo integrado de nutrientes y fomentar prácticas biológicas que ayuden a aumentar el contenido de materia orgánica en los suelos. Validar el uso de fertilizantes que ayuden a corregir las deficiencias de los nutrientes esenciales N, P, K, en cultivos de frijol, maíz y musáceas.
- Validar diferentes sistemas de pastoreo, dirigidos a regular la carga animal.
- Formular y ejecutar un programa de reforestación y manejo de la regeneración, natural, principalmente en las áreas mas escarpadas susceptibles a la erosión.
- Declarar áreas protegidas privadas y públicas en las tierras escarpadas.
- Fomentar el ecoturismo, que beneficie a las familias pobres.
- Revisar el estado actual, diseño y construcción y mantenimiento de caminos.
- Seleccionar especies nativas bondadosas de la zona, para aumentar la producción de biomasa, conservación de suelos, medicina natural y material de construcción.
- Introducir bancos de leguminosas y sales minerales complementarias para la alimentación del ganado mayor.
- Desarrollar e implementar planes de manejo para los bosques naturales y plantaciones comerciales.
- Validar y fomentar la introducción de sistemas silvopastoriles, frutícola forestal, y agroforestales con especies adaptables a la zona.

5.2. Planicie de origen volcánico reciente

Comprende las series de suelos Cárdenas, Colón y Orosí, los cuales se formaron a partir de materiales piroclásticos (cenizas y arenas), provenientes de erupciones del volcán Orosí y que fueron depositados en las áreas planas a onduladas paralelas al lago de Nicaragua. En el subsuelo el material parental se ha cementado, reduciéndose el paso del agua y favoreciéndose condiciones

de hidromorfismo, debido al exceso de agua. En su mayor parte están siendo usados con pastos y bosque secundario.

Limitantes y/o problemas del ecosistema

- ***Hidromorfismo:*** caracterizado por un exceso o estancamiento del agua en el suelo, lo cual crea condiciones asfixiantes para las raíces, aumento de la acidez del suelo, el desequilibrio de nutrientes que incluye el incremento de elementos con efectos tóxicos para las plantas como el Aluminio y Manganeseo, por otro lado, la disminución de elementos esenciales como el Fósforo, Molibdeno, Calcio, Magnesio, entre otros.
- ***Compactación:*** favorecida por la naturaleza arcillosa de los suelos, el pisoteo del ganado, el sobrepastoreo, lo que provoca baja infiltración del agua, aumento de la erosión, poca penetración de raíces y pobre aireación.
- ***Baja disponibilidad de nutrientes N, P, K y exceso de Al, Fe, Mn:*** favorecida por la erosión, el exceso de agua en el suelo, que repercute en una disminución de la productividad de los suelos, en la cantidad y calidad de las cosechas.
- ***Baja capacidad de infiltración:*** relacionada con una pobre estructuración del suelo, textura arcillosa, disminución de la cobertura vegetal, que incide en una alteración del ciclo hidrológico.
- ***Pérdida de materia orgánica:*** favorecida por la descomposición de la materia orgánica de la capa superficial de los suelos, una vez que se elimina o disminuye la cobertura vegetal, las quemadas, lo que repercute en una disminución de la capacidad de infiltración del agua, la reducción de la vida en el suelo, reducción de la disponibilidad de nutrientes y por ende de su productividad.

Alternativas para el manejo de suelos

- Favorecer la incorporación de materia orgánica para mejorar la estructura y pH de los suelos.
- Validar el uso de fertilizantes que ayuden a corregir las deficiencias de los nutrientes esenciales N, P, K, en pastos y otros cultivos que se establecen en estos suelos.
- Fomentar sistemas de pastoreo compatibles con el ecosistema (sistemas silvopastoriles y pasturas de corte)
- Reforestar áreas cercanas a la costa del Lago y orillas de los ríos.
- Introducir prácticas de control de drenaje superficial.
- Impulsar un programa de huertos orgánicos en pequeñas áreas, para familias pobres que habitan en estos suelos.
- Validar especies de pastos y cultivos adaptables a las características de acidez, drenaje pobre y baja fertilidad de los suelos (especies forrajeras, leguminosas y gramíneas).
- Fomentar el ecoturismo, que beneficie también a las familias pobres.

5.3. Planicie sedimentaria de los Vertisoles

Estos suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales en áreas planas susceptibles a encharcamiento en periodo lluvioso, sufren un proceso de hidromorfismo que favorece la formación de arcillas del tipo montmorilloníticas, las cuales sufren contracciones y dilataciones cuando ocurren cambios bruscos de humedad (periodos lluviosos y secos). Estos suelos son muy duros y extremadamente duros en seco y muy pegajosos y muy plásticos en mojado; en su mayor parte están siendo usados por bosque secundario bajo, tacotal y pasto.

Limitantes y/o problemática del ecosistema

- Pérdida de materia orgánica en la superficie por sobrepastoreo y quemas en algunas áreas.
- Agrietamiento del suelo en época seca, que daña los sistemas radiculares de las plantas y constituyen un peligro para el ganado.
- Deforestación y disminución de la cobertura vegetal

Algunas alternativas para el manejo de suelos

- Manejo de la regeneración natural.
- Control de carga animal en áreas de pastoreo. Introducir sistemas de pasto de corte para verano, cuando el suelo presenta las más profundas y anchas grietas (mayores a 10 cm).
- Validar especies forestales y leguminosas adaptables para enriquecer este ecosistema.
- Declarar áreas protegidas privadas y públicas en áreas sensibles ocupadas por bosque.

5.4. Planicie inundable de la zona costera del Lago de Nicaragua

Incluye los suelos misceláneos aluviales, pantanos y ciénagas indiferenciados formados por depósitos arrastrados por las corrientes desde las partes altas, que luego son depositados en áreas bajas, sujetas a inundaciones durante la mayor parte del año.

La permanencia de la capa freática (suelos gley) asegura la disponibilidad de agua en cualquier estación. Si la capa alcanza la superficie del suelo, la condición reductora del horizonte húmífero sólo permite una vegetación herbácea e hidrófila, pero si el nivel del agua es más profundo las salicáceas se desarrollan bien (Duchafour, 1960).

Limitantes y/o problemas del ecosistema

El anegamiento consiste en el exceso de agua en el suelo, respecto a su capacidad de campo, consecuencia de la sustitución prolongada del aire del suelo por el agua. Los periodos de lluvia intensa y prolongada, unidos a un pobre drenaje del suelo, originan un inadecuado suministro de oxígeno y propician la acumulación de otros gases.

La limitación de oxígeno origina diversos cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, entre los que se destacan la producción de sustancias tóxicas (ácidos orgánicos, hidrocarburos gaseosos, tales como metano, dióxido de carbono y sulfuros), así como de etileno; y la pérdida de compuestos solubles de nitrógeno y desequilibrios en otros nutrientes, debido a la actividad anaeróbica microbiana y aumento de la acidez del suelo (Walker, 1975).

En suelos ácidos con pH menor a 5.0 - 5.3, como los que se encuentra en los alrededores del río Toro, se puede presentar toxicidad producida por el exceso de Al^{3+} y Mn^{2+} en la solución del suelo. El Al afecta la división celular en el ápice de la raíz, aumenta la rigidez de las membranas

celulares, reduce la replicación del ADN, interfiere con los procesos donde interviene ATP, interfiere con la absorción y transporte de otros nutrientes (Ca, Mg, K, P, Fe y otros). El síntoma más claro de toxicidad por Al es el limitado desarrollo radicular, con raíces cortas y deformes. El exceso de Mn afecta la actividad enzimática y la síntesis de hormonas, así como en la translocación del Ca y el Mg; los síntomas de toxicidad por Mn se caracterizan por una clorosis y necrosis en las hojas, especialmente en las hojas nuevas.

En lo que respecta a las plantas, el primer síntoma de daños por anegación es un cierre estomático. Con el cierre de los estomas, disminuye la absorción pasiva de agua por la planta, así como la absorción activa por falta de oxígeno en el cortex radicular. Así mismo, el movimiento del agua a distancia, vía xilema, mayoritariamente por flujo en masa, también decrece. El descenso de la transpiración conlleva un marchitamiento de las hojas y una senescencia precoz que acaba en su caída (Kozlowski, 1984).

No obstante, las plantas pueden tolerar el encharcamiento mediante mecanismos que implican el transporte y suministro de oxígeno a los órganos sumergidos en el agua (Armstrong *et al.*, 1994): aumentando el número de raíces finas en las capas de suelo más superficiales, de condición aeróbica; transportando el oxígeno (incorporado a la planta vía estomas o lentécelas super desarrolladas del tallo) a través de un «continuum espacio - gas» en los tejidos corticales (como sucede en el arroz) y, en algunos casos, por elementos del xilema que han perdido su función conductora del agua y están llenos de gas; también, formando tejido de aerénquima, el cual facilita el transporte longitudinal de gases entre órganos, causa una reducción en la demanda de oxígeno por unidad de volumen en el órgano en que se forma y permite la acumulación de aire (en rizomas, tallos y hojas).

En este sentido, la falta de oxígeno en un suelo anegado también puede hacer disminuir la absorción activa de Al y Mn, debido a que la pérdida radical de oxígeno (procedente del tallo) por las raíces y la consiguiente oxigenación de la rizosfera, afecta positivamente reacciones oxidativas beneficiosas (p.e. Fe^{2+} a Fe^{3+} , Mn^{2+} a Mn^{4+} , S^{2-} a S) y favorece a las bacterias aeróbicas nitrificantes, procesos que se consideran de importancia en la tolerancia al anegamiento, y para el uso de ciénagas para la purificación de efluentes agrícolas (Armstrong *et al.*, 1994).

Debido a la gran importancia de este ecosistema, para la conservación de la biodiversidad y la purificación de agua que llega al Lago, se recomienda que estas áreas sean destinadas a la protección de la vida silvestre.

VI. ESTRATEGIAS Y ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA TIERRA EN MUNICIPIO CÁRDENAS

Tal como se describió en los acápites anteriores, la problemática que enfrentan los suelos es diversa y hasta cierto punto compleja, ya que está relacionada a su naturaleza y a factores socio-económicos, estructurales y socio-culturales. Es por esta razón que se justifica que las estrategias y acciones para hacer frente a las restricciones y aprovechar las oportunidades que ofrece este recurso, sean también diversas, multifacéticas y multisectoriales; en este sentido se pueden definir dos niveles de estrategias:

Estrategias generales: dirigidas a superar problemas o deficiencias que afectan directa o indirectamente el uso y manejo de los suelos, pero cuyo abordaje trasciende incluso los recursos naturales y la escala municipal.

Estrategias específicas: que incluyen un conjunto de acciones directas con los sectores de la población afectados para enfrentar de la mejor manera las situaciones planteadas.

Esto significa que es necesario pasar por un proceso participativo para consensuar en cada territorio en particular, las estrategias y alternativas más adecuadas a cada situación.

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
<i>Promover un uso de la tierra de acuerdo a su capacidad natural</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Promover ordenanzas municipales que normen el uso de la tierra de conforme su capacidad natural, y un manejo adecuado que garantice la sostenibilidad del recurso suelo. ● Desarrollar campañas que promuevan el uso y manejo sostenible de los suelos. ● Desarrollar capacidades de los actores locales para el manejo de conflictos relacionados con el uso manejo de recursos naturales.
<i>Gestión integrada de las microcuencas del municipio</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Elaborar e implementar planes de manejo de las microcuencas del municipio. ● Promover acciones de restauración de las márgenes de los ríos y arroyos.
<i>Fomentar y proteger reservas naturales</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Apoyar la gestión para declarar reservas naturales. ● Reforestar fuentes de agua y laderas. ● Fomentar el ecoturismo. ● Elaborar y aplicar planes de manejo adecuados.
<i>Aumentar la productividad del sector agropecuario y forestal</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Favorecer el acceso de todos los productores a los servicios de apoyo a la producción (crédito, resultados de investigación, asistencia técnica, comercialización y transformación) adecuado y coherente entre sí. ● Dar contenido específico a las necesidades de capacitación y mejoramiento tecnológico en el ámbito agrícola, pecuario y forestal.

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
<i>Promover la diversificación productiva y de fuentes de ingresos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Fomentar iniciativas de diversificación de fuentes de ingreso. Manejo de patio e incentivo a la creación asociaciones de productores rurales. ● Apoyar a productores que generan externalidades o beneficios ambientales (pago por servicios ambientales). Potenciar la reforestación de fincas. ● Incentivar el desarrollo de iniciativas que valoricen los servicios ambientales del medio rural: agro-ecoturismo, conservación y producción del agua, reforestación, reservas privadas naturales, producción orgánica.
<i>Fomentar la investigación para el mejoramiento de los sistemas agrarios</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Mejoramiento genético de especies adaptables a la zona (granos básicos, musáceas, frutales, forrajes, pastos, no tradicionales). ● Fortalecer el conocimiento local sobre el manejo de los recursos naturales
<i>Promover una ganadería sostenible</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Establecimiento de bancos forrajeros para mejorar la alimentación del ganado. ● Incluir árboles dispersos en las áreas de pastoreo. ● Regular el pastoreo de ganado, especialmente en áreas con mayor pendiente.
<i>Validar, sistematizar y difundir prácticas de mejoramiento de la fertilidad física, química y biológica.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Fomentar la incorporación de rastrojos. ● Reducir las quemas agrícolas. ● Promover sistemas alternativos de labranza. ● Manejo de la regeneración natural. ● Promover sistemas agroforestales que incluyan plantas leguminosas. ● Aplicación de fertilizantes orgánicos (compost, estiércol) e inorgánicos (urea, fertilizante completo altos en P y K). ● Desarrollar proyectos de conservación de suelos ● Reconstruir la capa arable de los suelos (incorporación de abonos orgánicos).

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Armstrong, W.; Brändle, R. and Jackson, M.B., 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Bot Neerl* 43(4), 307-358.
- Boul, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R.J. & Southard, R.J. 1997. *Soil Genesis and Classification*. Fourth Edition. Iowa State University Press / Ames. 527 pag.
- Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971. Estudio de Suelos de la Región Pacífico de Nicaragua. Tercera Parte. Managua. 713 pag.
- Cervantes, J. y Gómez, R. 2007. El ordenamiento territorial como eje de planeación de proyectos de turismo sustentable. En *Ciencias Sociales Online*, Julio 2007, Vol. IV, No. 2. Universidad de Viña del Mar – Chile
- Forero M.C y León J.C. 1988. Metodología para Levantamiento Edafológicos. Tercera parte. IGAC, Bogota. 194 pag.
- INETER. Política Nacional de Ordenamiento Territorial. (Propuesta). Managua, 1999.
- Klingebiel A. A y Montgomery P.H. 1965. Clasificación o capacidad de uso de las tierras. Manual # 210. Editorial Abeja S.A. México D.F. 28 pag.
- Kozlowski, T.T. 1984. *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, pp. 356.
- Lal, R.; Blum, W.E.H.; Valentine, C. & Stewart, B.A. 1997. Methods for assessment of soil degradation. CRS Press, New York. 16 pag.
- MARENA – INETER. 2002. Metodología del Ordenamiento Territorial. MARENA. Programa Nacional de Ordenamiento Territorial, Managua.
- MARENA. 2006. Metodología para hacer e implementar el Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. Proyecto de Manejo Sostenible de la Tierra. Managua.
- MIFIC. 2007. Norma Técnica Nicaragüense para el Uso y Manejo del Suelo (NTN 11 020 – 07)
- Millán, J.A. 2005. Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Territorial, Colombia.
- Oporta, J.; López, A. M. & Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2^{da} Edición. Mundi-Prensa. Madrid. 849 pag.
- Pujadas, R. y Font, J. 1998. Ordenación y Planificación Territorial. Madrid.
- Reilly, J.P.; Trutmann, P.; Rueda, A., y Grupo de Salud de Suelo. 2002. Guía Salud del Suelo. PASOLAC/PROSESUR. 162 pag.
- USDA, NRCS. 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Décima edición. Traducción de Carlos Ortiz – Solorio y María Gutiérrez – Castorena. 331 pag.
- Walker, N., 1975. *Soil Microbiology*, Butterworths, London.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO CÁRDENAS	2
2.1. Descripción de las series de suelos de la parte sureste del municipio Cárdenas	3
2.1.1. Serie Cárdenas (CR).....	3
2.1.2. Serie de suelos Zapotillo (ZPT)	5
2.1.3. Serie de suelos Orosí (ORS)	7
2.1.4. Serie de suelos Colón (CLN)	9
2.2. Descripción de los suelos misceláneos.....	10
2.2.1. Suelos Vertisoles (V)	10
2.2.2. Pantanos y Ciénagas indiferenciados (M2).....	11
2.2.3. Tierras escarpadas (Q)	12
2.2.4. Tierras Aluviales (TX)	13
2.2.5. Misceláneos Varios (MV).....	13
2.2.6. Playas (M1).....	14
2.2.7. Suelos Vérticos (VC)	14
III. CAPACIDAD DE USOS DE LA TIERRA	15
IV. USOS DE LOS SUELOS Y CONFLICTOS DE USOS LA TIERRA	18
4.1. Uso del suelo en el municipio Cárdenas	18
4.2. Conflictos de uso de la tierra.....	19
V. ECOSISTEMAS DE SUELOS, SU PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS.....	21
5.1. Suelos de ladera moderadamente profundos a superficiales	21
5.2. Planicie de origen volcánico reciente.....	22
5.3. Planicie sedimentaria de los Vertisoles.....	24
5.4. Planicie inundable de la zona costera del Lago de Nicaragua	24
VI. ESTRATEGIAS Y ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA TIERRA EN MUNICIPIO CÁRDENAS.....	26
VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	28