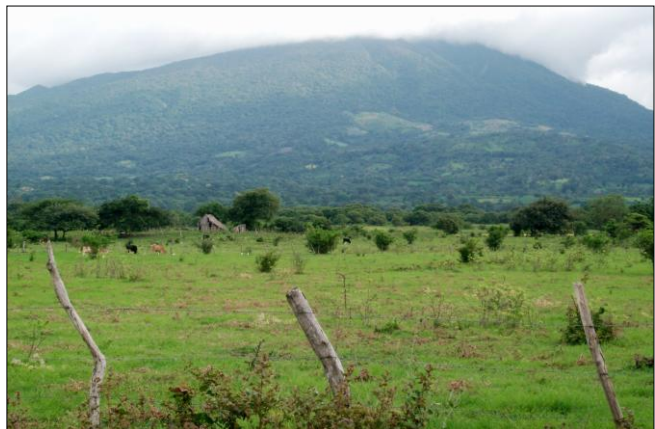


ASOCIACION DE MUNICIPIOS DE RIVAS



SUELOS, CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y CONFLICTOS DE USO EN EL MUNICIPIO ALTAGRACIA



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

Diciembre, 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 Municipales de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PMODT) es parte de este enfoque. El ordenamiento territorial, cuyo origen responde a un intento de integrar la planificación socioeconómica con la física, procura la consecución de la estructura espacial adecuada para un desarrollo eficaz y equitativo de la política económica, social, cultural y ambiental de la sociedad. Trata de superar la parcialidad del enfoque temático en la planificación sectorial y la reducida escala espacial en el planeamiento municipal.

Se pretende que estos planes sean un instrumento 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, 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.

El presente estudio representa un insumo para el proceso de ordenamiento territorial del municipio Altagracia, ya que indica las restricciones, limitantes y potencialidades de los suelos, información básica que permitirá a los gobiernos municipales y autoridades competentes, definir estrategias y acciones para el aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos naturales, pero que a su vez esto se refleje en un mejoramiento del nivel y calidad de vida de sus habitantes.

II. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

2.1. Génesis de los suelos

El enfoque conceptual más utilizado en el estudio de la génesis de suelos ha sido el *enfoque ambientalista*, el cual plantea que éste es el producto de la intervención de los factores formadores: roca madre (m), el clima (cl), organismo (o), el relieve (r) y el tiempo (t). Este enfoque planteado por Jenny (1941) considera el suelo como una unidad y propuso la función $S = f(m, cl, o, r, t)$, indicando que la acción de los factores formadores determina la dirección, velocidad y duración de los procesos de formación de los suelos. La roca madre o el material originario se considera independiente; la vegetación es claramente dependiente del clima y en menor medida de la litología, de la posición geomorfológica, que puede condicionar el drenaje y del tiempo; la geomorfología depende de la litología y del binomio clima-vegetación, y ha de tenerse en cuenta el tiempo, que considerado de modo abstracto es independiente del resto de factores.

a. Relaciones Suelo - Material Originario

El material originario representa el estado inicial del sistema, sobre el que actúan otros factores para transformarlo. Este material puede ser una roca consolidada, un depósito no consolidado o un suelo pre-existente. Al intentar establecer relaciones entre la formación de un suelo y el material del que procede, deben tenerse en cuenta el tipo de roca (rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas, sedimentos o un suelo preexistente) su comportamiento frente a los fluidos (dependiendo de su consistencia, permeabilidad, macroestructura, estabilidad), los productos potenciales de la meteorización (minerales de arcilla, elementos alcalino - térreos, hierro liberable) y las condiciones del medio (humedad, temperatura, drenaje).

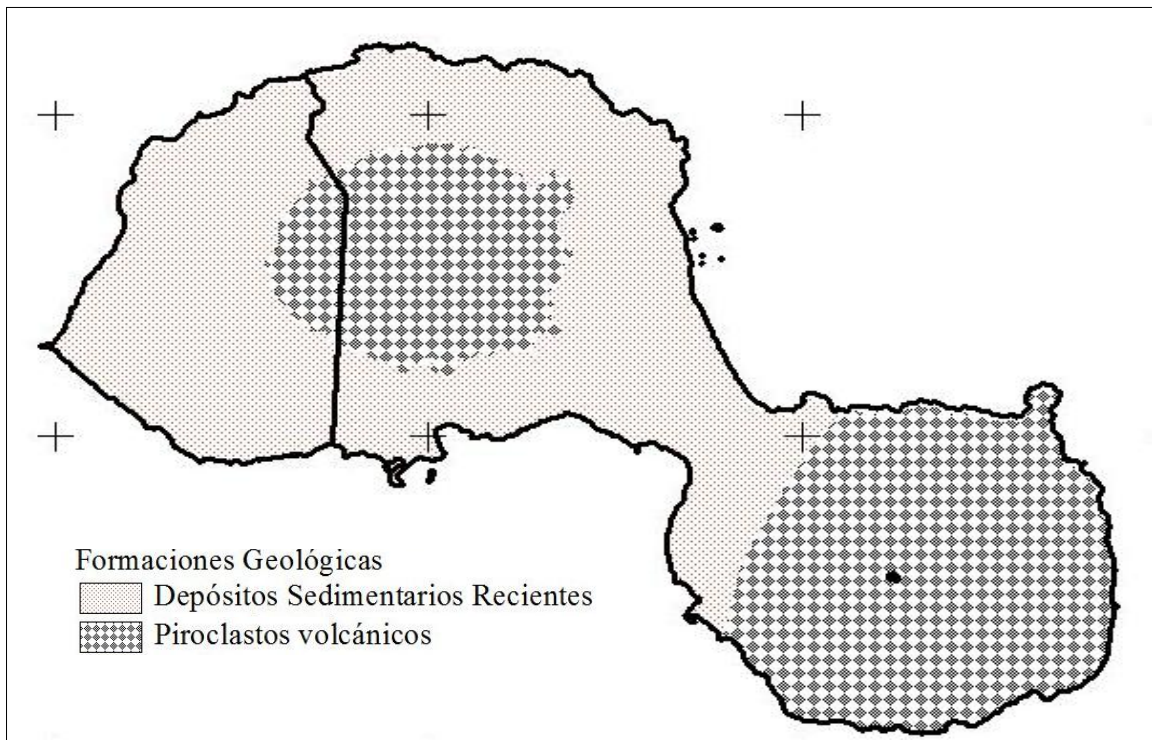
Un mismo tipo de roca que evolucione bajo distintas condiciones del medio puede dar lugar a suelos con distintas características, mientras que diferentes rocas bajo un clima severo y con una acción prolongada puede dar lugar a suelos semejantes. A pesar de ello, se pueden establecer grandes relaciones, de manera que es posible decir que el material originario determina en gran medida el color, la textura, estructura, la reacción o pH, entre otras; tal influencia depende de la susceptibilidad de la roca a meteorizarse, sus características físicas, del régimen de humedad y de la edad del suelo, ya que con el tiempo y con un clima más húmedo un suelo irá diferenciándose cada vez más del material originario.

La Isla de Ometepe está compuesta por los volcanes cuaternarios Maderas y Concepción, éste último activo emitiendo vapor y algunos gases; la actividad volcánica dio origen a dos formaciones geológicas:

- a. *Piroclastos volcánicos*: consiste de lapillis, cenizas y material más grueso; en condiciones húmedas como en el Volcán Maderas, tienden a originar suelos profundos a moderadamente profundos, franco arcillosos a arcillosos, pardo oscuros, pardo rojizos o pardo amarillentos, con alto contenido de Fe. Mientras que en condiciones de menor humedad como en el Concepción, estos materiales tienden a formar suelos pardo oscuros y de textura franca a franco arenosa.
- b. *Depósitos sedimentarios recientes*: que consiste de materiales arrastrados por corrientes de agua desde las partes altas de las laderas de los volcanes y depositados en el pie de monte y áreas planas. En las partes bajas del Volcán Maderas estos materiales han dado lugar a suelos arcilloso, pardo oscuros a pardo rojizos; en cambio, en el Concepción se

han formado suelos oscuros, de texturas francas. En áreas planas entre los dos volcanes, los depósitos más finos han dado origen a suelos pardo oscuros a pardo grisáceos, arcillosos, que se sellan hasta llegar encharcarse en la época húmeda, y en la época seca se agrietan, debido a la presencia de arcillas expandibles conocidas como esmectitas.

Figura 1. Geología de la Isla de Ometepe.



b. Relaciones suelos - clima

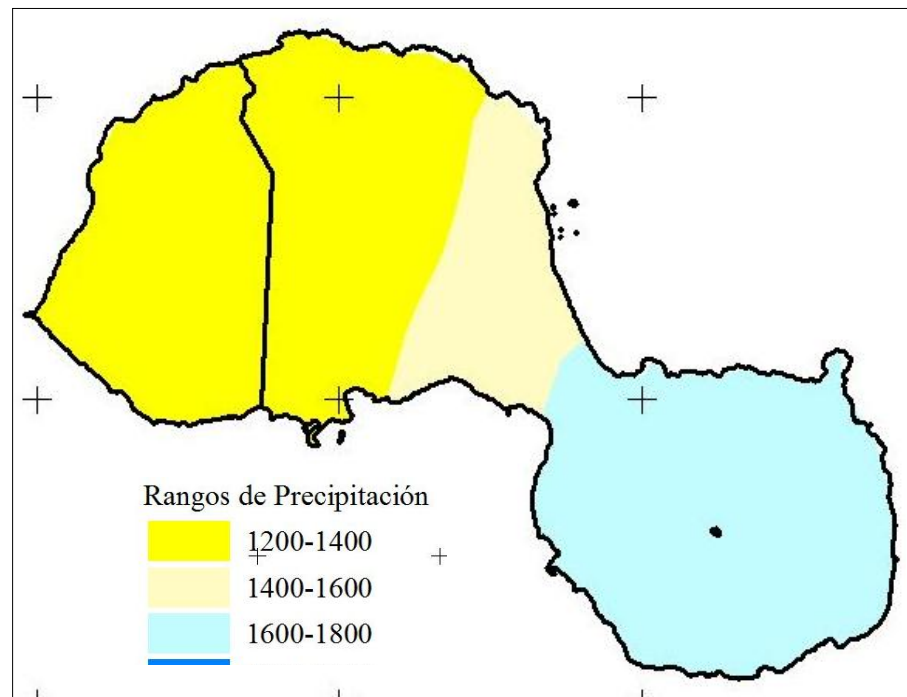
El clima tiene una acción directa mediante la humedad y la temperatura, y una acción indirecta a través de la vegetación; interviene controlando los tipos de procesos posibles y su intensidad.

No obstante, el clima cambia a lo largo del tiempo y resulta difícil determinar qué parámetros climáticos pueden resultar más significativos; por ejemplo, algunos horizontes arcillosos de zonas secas pudieron haberse formado durante periodos lluviosos antiguos. Por otro lado, el valor medio de un parámetro climático puede tener escasa significación; en muchos casos son los valores extremos los que pudieron haber tenido mayor influencia sobre la formación de un suelo. Las tendencias regionales en la distribución de suelos vinculadas a este factor se conoce como *climosecuencia*, la cual expresa una secuencia de suelos cuyas características distintivas corresponden a diferencias climáticas.

En regiones tropicales con abundantes precipitaciones tales como las que ocurre en el volcán Maderas (ver figura 2), las principales relaciones entre el clima y los suelos se manifiestan en alta acumulación de materia orgánica en la capa superficial, contenido alto de arcillas y óxidos de hierro, colores pardo a pardo rojizos, así como el lavado de bases. Mientras que áreas con menor disponibilidad de humedad como en el Concepción, la tendencia es hacia suelos poco desarrollados, de colores pardo oscuros y texturas francas; en terrenos planos con depósitos de sedimentos y problemas de drenaje, la alternancia de periodos secos y húmedos favoreció la

formación de arcillas del tipo esmectitas, las cuales se expanden en presencia de humedad sellando el suelo y provocando encharcamiento, y se contraen en época seca causando el agrietamiento del mismo.

Figura 2. Distribución de las precipitaciones en la Isla de Ometepe.



c. Relaciones suelos - relieve

Existe una relación importante entre la distribución de los distintos suelos y la posición en el paisaje; la comprensión de las relaciones suelos-relieve en una determinada zona sirve de base para establecer el modelo de su distribución. El relieve controla la distribución de masa y energía; por ello, en un determinado paisaje resulta posible distinguir superficies de erosión (laderas) y superficies deposicionales (pie de monte y planicie), cuyo origen, edad de la superficie y características de los suelos, explican diferentes historias para las diferentes partes del terreno.

Las relaciones suelo-paisaje (*toposecuencia*) se establecen para áreas uniformes, por lo que se requiere un análisis detallado de las formas (geometría): Interfluvios (divisorias de agua), laderas (enlaza una divisoria de agua con un fondo), fondos (superficies de depósitos por las aguas de escorrentía).

Los principales efectos del relieve sobre las propiedades de los suelos están relacionados con la posición en que se encuentran, las características de las laderas (inclinación, longitud, orientación) y posición en la forma, inciden en la radiación recibida, erosión, características de los materiales depositados, drenaje, profundidad, morfología del perfil, entre otras.

d. Relaciones suelos - factores bióticos

Los procesos de cambio en el suelo atribuibles a factores bióticos, se deben tanto a efectos directos como a efectos indirectos. La fauna del suelo puede actuar en la superficie y en los horizontes internos del suelo, mezclando materiales y alterando los horizontes, haciendo galerías por donde circula el agua y aire, desintegrando y transformando la materia orgánica, entre otros.

La vegetación natural como factor de la edafogénesis se evidencia en su intervención en la meteorización (física, química y biológica), el aporte de materia orgánica, desarrollo de estructura, disminución de la erosión, inmovilización y liberación de nutrientes, entre otros. Donde predomina el relieve montañoso el efecto de la vegetación es fundamental; además de aportar materia orgánica, protege los suelos de la erosión, permitiendo su desarrollo y equilibrio ante los factores del medio. Sin embargo, la deforestación en áreas de laderas ha dejado desprotegidos los suelos, pudiendo presentarse pérdidas de 1 cm por año o más, que supera en mucho la tasa promedio de formación de los mismos; esto indica que de no recuperar la cobertura vegetal y mejorar las prácticas de manejo de suelos, éstos van rumbo a la degradación.

e. Dimensión temporal de los suelos

Los suelos sufren variaciones a lo largo del tiempo; la edad expresa el tiempo durante el cual ha actuado los procesos formadores, por lo que para determinarla es necesario fijar un momento cero (formación de la superficie geomórfica sobre la que se desarrolla). La evolución de un suelo puede cambiar de orientación por movimientos de placas tectónicas, cambios en el propio suelo por diferenciación progresiva en su perfil o por alteraciones derivadas del uso del mismo.

La tasa de formación del suelo varía en distintos ambientes y conocerla es de interés para delimitar la tasa de pérdida de suelo tolerable (por erosión), sin que el recurso desaparezca progresivamente. En la mayoría de casos, el número de años para la formación de un suelo supera en mucho la vida de un hombre, por ello se habla de recurso no renovable a corto plazo. Los Entisoles con escaso desarrollo pueden necesitar hasta 100 años para su formación, siempre que no se encuentren sobre roca dura. En cambio suelos con mayor desarrollo, tales como los Molisoles (suelos Mérida) y Alfisoles (suelos Volcán Maderas) requieren de miles de años para su formación.

Nuevos aportes se han hecho al enfoque ambientalista para estudiar la génesis de los suelos, entre los que se destacan el papel de otros factores hidrológicos, la influencia del hombre, la influencia global del medio de edafogénesis y la evolución del medio geológico y de los paleoambientes de edafogénesis.

En este sentido, es importante considerar que las condiciones de alta humedad y vegetación en el pasado incidieron favorablemente en los procesos de formación de suelos; en cambio, las condiciones actuales no sólo reducen la tasa de formación de los mismos, sino que por el contrario el uso de la tierra por encima de su capacidad natural, sin las debidas medidas de conservación, la disminución de la cobertura vegetal y el incremento de la intensidad de las precipitaciones, favorece que se alcance e incluso se supere una pérdida de suelo de 1 cm por año. En otras palabras, se esta destruyendo en décadas lo que ha tardado siglos y hasta miles de años en formarse.

2.2. Descripción de los suelos presentes en el municipio Altagracia

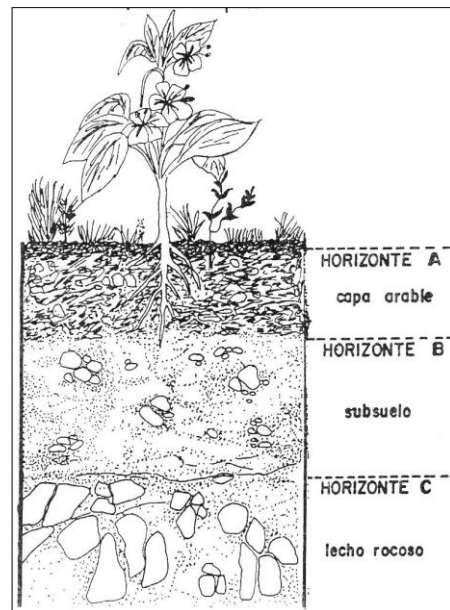
La descripción de los suelos de un territorio se hace con el propósito de conocer sus restricciones y potencialidades, para ello se requiere clasificarlos de acuerdo a algún sistema reconocido. Clasificar un suelo va unido a la voluntad de conocer su localización y la superficie que ocupa, es decir, plasmar la información en un mapa para que sea posible acceder a ella y utilizarla con facilidad.

Para establecer los nombres de los suelos puede recurrirse a dos criterios: utilizar nombres populares locales o introducir una nomenclatura científica. En lo que respecta a este último criterio, en Nicaragua se utiliza el sistema propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y adoptado a nivel mundial, conocido como "Soil Taxonomy". La **Soil Taxonomy** establece 6 niveles jerárquicos, de homogeneidad creciente entre los suelos incluidos en cada uno de ellos; estos niveles son los siguientes: *Orden*, *Sub-orden*, *Grupo*, *Sub-grupo*, *Familia* y *Serie*, en cada uno de los cuales el nombre atribuido a un suelo resulta auto explicativo. En el caso del estudio realizado en este municipio, los resultados se presentan a nivel de "Serie de suelos" (ver figura 4).

Para clasificar un suelo se requiere conocer como está formado en su interior; para ello es necesario hacer un corte o hueco donde se pueda apreciar todas sus características, y que en su conjunto se le llama perfil de suelo (ver figura 3). El **perfil de suelo** es una secuencia natural de capas u horizontes, que se extiende desde la superficie hasta la roca o material madre. La mayoría de los suelos tienen tres capas principales llamadas horizontes, que se nombran mediante letras mayúsculas: A, B y C.

La capa superficial u **horizonte A** tiene color oscuro y una buena estructura, debido a la alta acumulación de materia orgánica; además, es el horizonte donde se da la mayor movilidad de arcillas y óxidos de hierro y aluminio. En suelos de bosques éste puede estar debajo de una capa de restos vegetales.

Fig. 3 El perfil de suelos



El **horizonte B**, conocido también como "sub suelo", se localiza debajo de la capa superficial; es el horizonte de máxima acumulación de arcilla, óxidos de hierro y aluminio, y otros componentes, los cuales pudieron haber sido disueltos químicamente y trasladados desde la superficie o haberse formados en el mismo lugar. A diferencia del horizonte "A", el "B" comúnmente presenta estructuras blocosas, columnar o prismáticas duras, y colores café, amarillentos, rojizos o una combinación de éstos.

El **horizonte C** puede estar debajo del horizonte "B" e incluso del "A". Esta capa carece de estructura y consiste de una mezcla de suelo y material rocoso, que está siendo modificada por alteraciones naturales producto de agentes físicos, químicos y de organismos.

2.2.1. Descripción de las series de suelos

En el municipio de Altagracia se identifican cinco series de suelos (ver figura 6): Volcán Madera (15.84 %), Mérida (12.69 %), Magdalena (7.5 %), Ometepe (6.49 %) y El Cráter (5.04 %); así como ocho suelos misceláneos: Misceláneos Varios (23.17 %), Suelos Vérticos (17.91 %), Afloramientos Rocosos (4.74 %), Tierras Coluviales (3.41 %), Vertisoles (1.37 %), Tierras Aluviales (1.25 %), Pantanos y Ciénagas (0.56 %) y Tierras Escarpadas (0.02 %).

2.2.1.1. Serie Mérida (MER)

Son suelos café oscuros y franco arcillosos en la superficie y café rojizos y franco arcillosos a arcillosos en el subsuelo, profundos, con permeabilidad moderada y capacidad de humedad disponible moderada; en la mayor parte de áreas presentan pedregosidad alta (mayores de 5 a más de 25 cm) en la superficie y en el perfil. Tienen a presentar pH neutro a muy ligeramente ácido, contenido alto a pobre en materia orgánica, pobre en fósforo, pero alto en potasio disponible.

Los suelos Mérida ocupan una extensión de 30.85 km², equivalente al 14.56 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos simperennes, sistemas agroforestales, forestal; las áreas con menor pedregosidad permiten cultivos anuales con prácticas de conservación de suelos que ayuden a conservar y mejorar su fertilidad: rotación de cultivos, aporte de materia orgánica, fertilización complementaria, entre otras.



Fig.4 Perfil suelo MER



Fig. 5 Paisaje suelo MER

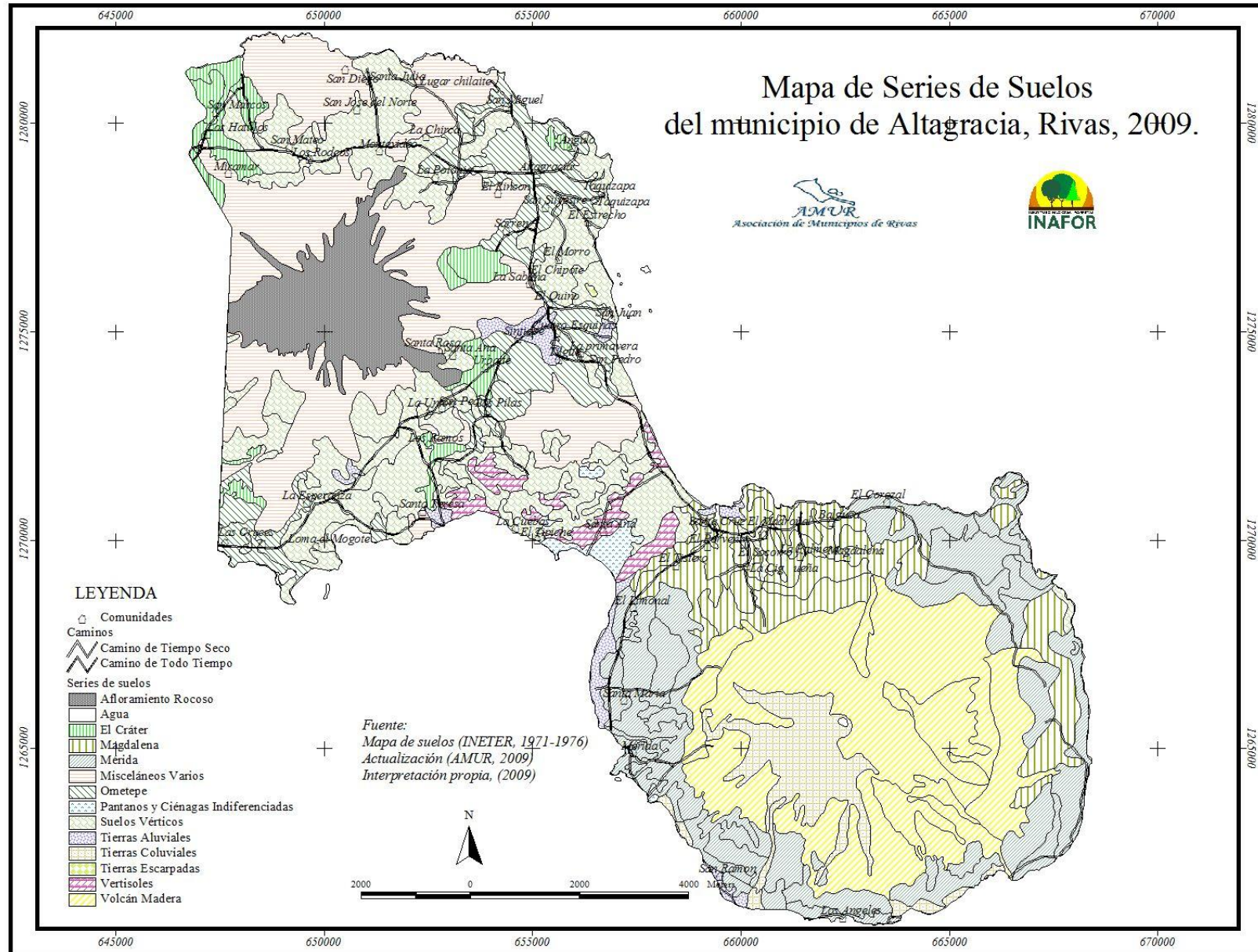


Figura 6. Mapa de suelos del municipio Altagracia

El siguiente perfil representativo de la serie Mérida se describió en el sector del mismo nombre, en pendiente de 2 %, drenaje moderado, usado con cultivos anuales.

Horizonte	Características
<p>A 0 a 18 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura arcillosa, estructura en bloques angulares grandes y medios, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes mesoporos y microporos, límite gradual y ondulado, algunas raíces gruesas. Con pH ligeramente ácido (6.47), pobre en materia orgánica (1.09 %), pobre en fósforo (3 ppm) y alto en potasio disponible (2.1 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (41.82 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (66.21 %)</p>
<p>Bt₁ 18 a 40 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques angulares grandes y medios, consistencia ligeramente friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundante mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.62), medio en materia orgánica (3.16 %), pobre en fósforo (4 ppm) y alto en potasio disponible (2.39 meq/100 gr), CIC alta (37.35 meq/100 gr), y una saturación de bases alta (73.36 %)</p>
<p>Bt₂ 40 a 62 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura arcillosa, estructura en bloques angulares grandes y medios, consistencia ligeramente friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundantes mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.61), contenido medio en materia orgánica (2.96 %), pobre en fósforo (5 ppm) y alto en potasio disponible (1.16 meq/100 gr), CIC alta (38.49 meq/100 g) y una saturación de bases alta (67.25 %)</p>
<p>BC 62 a 82 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura arcillo arenosa, estructura en bloques subangulares grandes y medios, consistencia muy ligeramente friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas.</p>
<p>Cr 82 a 109 + cm</p>	<p>Color café oscuro, textura arcillo arenosa, estructura en bloques angulares grandes y medios, consistencia muy ligeramente friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas.</p>

El siguiente perfil representativo de la serie Mérida se describió en el sector conocido como Santa María, en pendiente de 8 %, drenaje moderado, pedregosidad en la superficie de 40 %, erosión leve, usado con plátanos.

Horizonte	Características
<p>A 0 a 18 cm</p>	<p>Color oscuro, textura franco arcillo arenosa con 5 % de grava, 20 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes meso y frecuentes macroporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces medias y finas. Con pH neutro (6.7), contenido medio en materia orgánica (3.13 %), alto en fósforo (49.4 ppm) y alto en potasio disponible (1.78 meq/100 gr de suelo), CIC alta (35.17 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (104.66 %).</p>
<p>Bt₁ 18 a 37 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura franco arcillo, con 10 % de piedras, estructura en bloques angulares gruesos, medios y finos, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes macro, frecuentes meso y abundantes microporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces gruesas y pocas finas. Con pH neutro (6.92), contenido pobre en materia orgánica (0.84 %), medio en fósforo (16.4 ppm) y alto en potasio disponible (1.09 meq/100 gr), CIC alta (30.82 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (119.72 %).</p>
<p>Bt₂ 37 a 55 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura franco arcillosa, 5 % de piedras, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.93), pobre en materia orgánica (1.79 %), medio en fósforo (16.7 ppm) y alto en potasio disponible (0.81 meq/100 gr), CIC alta (31.29 meq/100 g) y una saturación de bases alta (97.92 %).</p>
<p>Bt₃ 55 a 70 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura arcillosa, 40 % de piedras, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas.</p>
<p>BC 70 a 90 + cm</p>	<p>Color café, textura arcillosa con 5 % de gravas, 30 % de piedras, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, sin presencia de raíces.</p>
<p>R 90 +</p>	<p>Rocas</p>

2.2.1.2. Serie de suelos Ometepe (OM)

Consiste de suelos en pendientes de 0 a 8 %, negros en la superficie y negros a café amarillento oscuros en el subsuelo, profundos, de textura franca a franco arenosa, drenaje y permeabilidad alta; presentan pedregosidad (mayores de 5 cm) baja a moderada en la superficie y en el perfil. Tienden a tener pH ligeramente ácido a neutro, contenido alto a medio en materia orgánica, pobre en fósforo (excepto donde hay efecto residual de fertilizantes), alto a medio en potasio disponible, con capacidad de intercambio de cationes baja y una saturación de bases alta.

Ocupan un área de 15.2 km², equivalente al 7.18 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos anuales, simeperennes y perennes, sin embargo, para conservar y mejorar su fertilidad se debe emplear un manejo agro ecológico de los mismos, que incluye incorporación de materia orgánica, fertilización complementaria, entre otras.



Fig.7 Perfil suelo Ometepe

Fig. 8 Paisaje suelo Ometepe



El siguiente perfil representativo de la serie Ometepe, se describió en las afueras de la ciudad Altagracia, en pendiente de 2 %.

Horizonte	Características
<p>A₁ 0 a 18 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares grandes, medios y finos, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos y microporos, pocos macroporos, límite gradual y ondulado, pocas raíces finas y medias. Con pH ligeramente ácido (6.34), contenido medio en materia orgánica (2.27 %), pobre en fósforo (6 ppm) y alto en potasio disponible (0.69 meq/100 gr), CIC baja (8.89 meq/100 gr de suelo).</p>
<p>A₂ 18 a 39 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares medios y finos, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundante mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, algunas raíces medias y abundantes finas. Con pH ligeramente ácido (6.3), contenido pobre en materia orgánica (0.84 %), pobre en fósforo (7 ppm) y medio en potasio disponible (0.22 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (2.31 meq/100 g), y saturación de bases alta (175 %).</p>
<p>Bw₁ 39 a 64 cm</p>	<p>Color café grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa, estructura granular y bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces medias y abundantes finas. Con pH ligeramente ácido (6.49), contenido pobre en materia orgánica (0.52 %), pobre en fósforo (8 ppm) y medio en potasio disponible (0.22 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (0.59 meq/100 g).</p>
<p>Bw₂ 64 a 105 cm</p>	<p>Color café oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares grandes y medios, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes mesoporos y microporos, límite gradual y ondulado, abundantes raíces finas y medias.</p>
<p>C 105 a 110 + cm</p>	<p>Color café amarillento oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, pocas raíces finas y medias.</p>

El siguiente perfil representativo de la serie Ometepe se describió en el sector de Las Pilas, en pendiente de 2%, pedregosidad de 5% en la superficie, bien drenado, usado con plátano.

Horizonte	Características
<p>A 0 a 23 Cm</p>	<p>Color negro, textura franco arenosa, 2 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macro y mesoporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces gruesas y medias. Con pH neutro (6.94), contenido alto en materia orgánica (5.87 %), alto en fósforo (128.5 ppm) y alto en potasio disponible (3.3 meq/100 gr de suelo), CIC baja (21.86 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (94.78 %).</p>
<p>Bw₁ 23 a 42 cm</p>	<p>Color café amarillento oscuro, textura franca, 5 % de piedras, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces medias y finas. Con pH ligeramente ácido (6.55), contenido pobre en materia orgánica (1.68 %), pobre en fósforo (2.3 ppm) y medio en potasio disponible (0.62 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (9.08 meq/100 g), y una saturación de bases media (43.03 %)</p>
<p>Bw₂ 42 a 65 cm</p>	<p>Color café amarillento oscuro, textura franco limosa, 10 % de piedras, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite neto y ondulado, pocas raíces medias. Con pH neutro (6.78), contenido pobre en materia orgánica (0.67 %), pobre en fósforo (0.4 ppm) y alto en potasio disponible (0.84 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (6.97 meq/100 g) y una saturación de bases alta (89.69 %).</p>
<p>Bw₃ 65 a 100 cm</p>	<p>Color café grisáceo muy oscuro, textura franco limosa, 20 % de piedras, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, no plástica y adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite neto y ondulado, pocas raíces medias.</p>
<p>Cr 100 +</p>	<p>Rocas</p>

2.2.1.3. Serie de suelos Cráter (ER)

Consiste de suelos en pendientes de 0 a 8 %, negros, profundos a moderadamente profundos, de textura franca a franco arenosa, drenaje y permeabilidad alta. Tienen pH ligeramente ácido a neutro, contenido medio a pobre en materia orgánica, pobres en fósforo (excepto donde hay efecto residual de fertilizantes), alto en potasio disponible, con capacidad de intercambio de cationes muy baja y saturación de bases alta. En la mayor parte de áreas presentan pedregosidad media a alta (piedras mayores de 5 a más de 25 cm) en la superficie y en el perfil.

Ocupan una extensión de 6.47 km², equivalente al 3.05 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos simeperennes y perennes, sistemas agroforestales; en las áreas con menor pedregosidad se pueden establecer cultivos anuales con prácticas de conservación de suelos que ayuden a conservar y mejorar su fertilidad, tales como rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica, fertilización complementaria, entre otras.

Fig. 9 Perfil suelo Cráter



Fig. 10 Paisaje suelo Cráter

El siguiente perfil representativo de la serie El Cráter se describió en el sector de San Marcos, en pendiente de 6 %, pedregosidad de 20 % en la superficie, bien drenado, usado con arroz.

Horizonte	Características
A 0 a 26 cm	Color negro, textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite neto y plano, abundantes raíces finas. Con pH ligeramente ácido (6.5), medio en materia orgánica (3.86 %), pobre en fósforo (0.9 ppm) y en potasio disponible (0.11 meq/100 gr), CIC baja (9.69 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases alta (101.5 %).
Bw₁ 26 a 52 cm	Color café muy oscuro, textura franco arenosa, estructura granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, pocos mesoporos y abundantes microporos, límite neto y plano, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.78), contenido pobre en materia orgánica (1.01 %), pobre en fósforo (0.6 ppm) y en potasio disponible (0.08 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (2.55 meq/100 g) y una saturación de bases alta (157.25 %)
C₁ 52 a 70 cm	Color café rojizo oscuro, textura franco arenosa, estructura masiva, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.91), pobre en materia orgánica (0.34 %), pobre en fósforo (0.01 ppm) y en potasio disponible (0.16 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (0.84 meq/100 g).
2Bw 70 a 80 cm	Color café rojizo oscuro, textura franco limosa, estructura bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y plano, pocas raíces finas.
Cr 80 +	Rocas

El siguiente perfil representativo de la serie El Cráter se describió en el sector de San José del Sur, en pendiente de 2 a 4 %, pedregosidad en la superficie de 5 %, sin evidencias de erosión, usado con pasto.

Horizonte	Características
A 0 a 12 Cm	Color café grisáceo muy oscuro, textura arenosa, 5 % de pedregosidad, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes meso y macroporos, límite difuso y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH ligeramente ácido (6.46), pobre en materia orgánica (1.62 %), alto en fósforo (54.5 ppm) y en potasio disponible (0.9 meq/100 gr), CIC muy baja (9.69 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases alta (100 %).
Bw₁ 12 a 47 cm	Color café grisáceo muy oscuro, textura arenosa, 10 % de piedras, estructura bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes meso y microporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH neutro (6.84), pobre en materia orgánica (0.78 %), alto en fósforo (30.5 ppm) y en potasio disponible (0.73 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (8.21 meq/100 g) y una saturación de bases alta (103.29 %).
Bw₂ 47 a 74 cm	Color café grisáceo oscuro, textura arenosa, 10 % de piedras, estructura bloques subangulares finos, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (7.11), pobre en materia orgánica (0.45 %), alto en fósforo (23.7 ppm) y en potasio disponible (0.78 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (10.51 meq/100 g) y una saturación de bases alta (106.18 %).
Cr 74 a 106 + cm	Color café grisáceo muy oscuro, textura arenosa, más de 10 % de piedras, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y plano, pocas raíces finas.

2.2.1.4. Serie Magdalena (MAG)

Suelos en pendientes de 0 a 15 %, café muy oscuros y franco arcillosos a arcillosos en la superficie, café oscuros y arcillosos en el subsuelo, profundos a moderadamente profundos, con permeabilidad moderada y alta capacidad de humedad disponible, generalmente presentan pedregosidad alta (hasta del 70%, piedras mayores de 10 cm) en la superficie y en el perfil. Presentan pH neutro a ligeramente ácido, contenido alto a medio en materia orgánica, alto a pobre en fósforo y alto en potasio disponible, capacidad de intercambio de cationes alta a media y saturación de bases alta.

Ocupan una extensión de 18.29 km², equivalente al 8.63 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos simeperennes, sistemas agroforestales, forestal; las áreas con menor pedregosidad permiten cultivos anuales con prácticas de conservación de suelos que ayuden a conservar y mejorar su fertilidad: rotación de cultivos, aporte de materia orgánica, fertilización complementaria, entre otras.

Fig. 11 Perfil suelo Magdalena



El siguiente perfil representativo de la serie Magdalena fue descrito en el sector de Balgue, en un relieve colinado con pendiente de 12 %, drenaje moderado, usado con bosque secundario.

Horizonte	Características
<p>A 0 a 15 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura franco arcillosa, con 5 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, frecuentes mesoporos y abundantes microporos, límite difuso y ondulado, abundantes raíces finas, frecuentes raíces medias y gruesas. Con pH neutro (6.69), contenido alto en materia orgánica (4.2 %), alto en fósforo (28 ppm) y en potasio disponible (0.44 meq/100 gr de suelo), CIC alta (26.77 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (83.86 %)</p>
<p>A₂ 15 a 30 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura arcillosa, con 10 % de piedras, estructura en bloques angulares y subangulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; abundante macro, abundantes meso y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas, frecuentes medias y pocas raíces gruesas. Con pH ligeramente ácido (6.2), contenido pobre en materia orgánica (1.51 %), pobre en fósforo (8.2 ppm) y alto en potasio disponible (1.14 meq/100 gr), CIC baja (18.42 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (72.42 %)</p>
<p>Bt₁ 30 a 57 cm</p>	<p>Color café, textura arcillosa, con 50 % de piedras, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes meso y microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas, medias y gruesas. Con pH neutro (6.17), pobre en materia orgánica (0.95 %), pobre en fósforo (9.1 ppm) y alto en potasio disponible (1.39 meq/100 gr), CIC baja (18.25 meq/100 g) y una saturación de bases alta (73.37 %)</p>
<p>Bt₂ 57 a 70 cm</p>	<p>Color café amarillento, textura arcillosa, con 70 % de piedras y 5 % de gravas, estructura en bloques angulares, consistencia ligeramente firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas.</p>
<p>Cr 70 + cm</p>	<p>Capa de rocas (mayores de 10 cm)</p>

El siguiente perfil representativo de la serie Magdalena fue descrito en el sector de La Palma, en un relieve inclinado con pendiente de 7 %, drenaje moderado, usado con sorgo.

Horizonte	Características
A 0 a 21 Cm	Color café muy oscuro, textura arcillosa, con 5 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH ligeramente ácido (6.35), contenido medio en materia orgánica (3.47 %), alto en fósforo (75.5 ppm) y en potasio disponible (0.82 meq/100 gr de suelo), CIC alta (30.16 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (92.94 %)
Bt₁ 21 a 40 cm	Color café muy oscuro, 20 % de piedras, textura arcillosa, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado; pocos macro, frecuentes meso y abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.79), contenido pobre en materia orgánica (1.23 %), alto en fósforo (57.3 ppm) y alto en potasio disponible (0.38 meq/100 gr), CIC alta (25.83 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (89.47 %)
Bt₂ 40 a 54 cm	Color café oscuro, textura arcillosa, 70 % de piedras, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, muy pocas raíces finas. Con pH neutro (6.84), pobre en materia orgánica (0.84 %), alto en fósforo (26 ppm) y alto en potasio disponible (0.5 meq/100 gr), CIC media (24.36 meq/100 g) y una saturación de bases alta (94.83 %)
Cr 54 + cm	Capa de rocas (mayores de 25 cm)

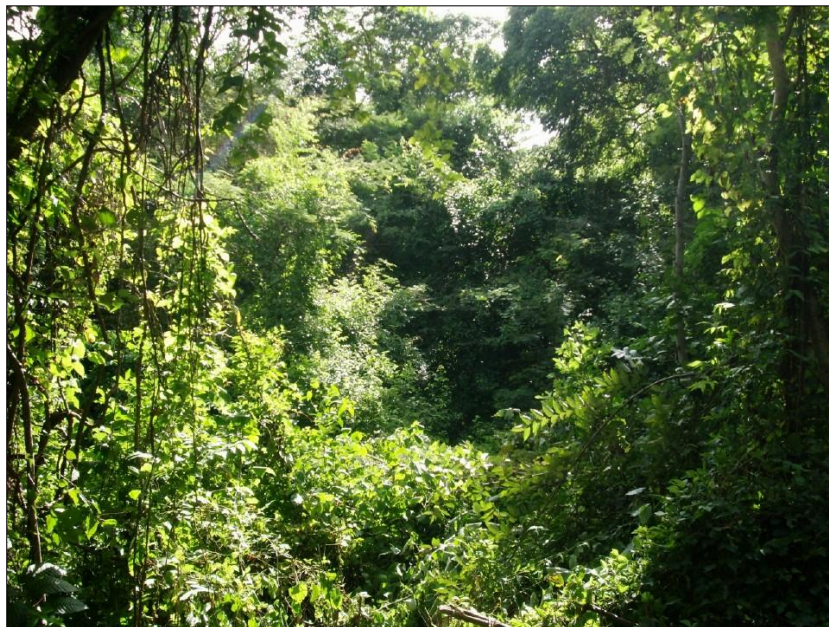


Fig. 12 Paisaje suelo Magdalena

2.2.1.5. Serie Volcán Maderas (VM)

Suelos en pendientes de 8 a 45 %, café muy oscuros y franco arcillosos en la superficie, café amarillento oscuros y arcillosos en el subsuelo, profundos a moderadamente profundos, con permeabilidad moderada y capacidad de humedad disponible alta; con abundante piedras en la superficie y en el perfil (hasta del 70 %).

Presentan pH neutro a medianamente ácido, contenido alto en materia orgánica, pobre en fósforo, alto a pobre en potasio disponible, capacidad de intercambio de cationes media a alta y saturación de bases alta.

Ocupan una extensión de 38.62 km², que equivale al 18.26 % del territorio municipal. Las áreas escarpadas con riesgo de erosión y deslizamientos de tierras son aptas para protección de flora y fauna, protección de laderas, ecoturismo y áreas de recarga de acuíferos. Las áreas con menores pendientes son aptas para pastos, cultivos perennes y semiperennes; cultivos anuales se permiten únicamente bajo sistemas agroforestales.



Fig. 13 Perfil suelo Volcán Madera



Fig. 14 Paisaje suelo Volcán Madera

El siguiente perfil representativo de la serie Volcán Maderas se describió en el sector de San Pedro, en pendiente de 12 %, con drenaje moderado, pedregosidad en la superficie de 40 %, erosión moderada, usado con maíz.

Horizonte	Características
<p>A 0 a 12 cm</p>	<p>Color café muy oscuro, textura franco limoso, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia ligeramente firme en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes meso y macroporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces finas y pocas medias. Con pH ligeramente ácido (6.33), contenido alto en materia orgánica (5.48 %), pobre en fósforo (n.d.) y en potasio disponible (0.14 meq/100 gr de suelo), CIC alta (28.22 meq/100 gr) y una saturación de bases alta (76.93 %)</p>
<p>Bt₁ 12 a 26 cm</p>	<p>Color café amarillento oscuro, 10 % de piedras, textura arcillosa, estructura en bloques subangulares, consistencia firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes meso y microporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces medias y pocas gruesas. Con pH medianamente ácido (5.62), contenido medio en materia orgánica (2.29 %), pobre en fósforo (0.5 ppm) y en potasio disponible (0.07 meq/100 gr), CIC media (18.93 meq/100 gr) y saturación de bases alta (55.57 %)</p>
<p>Bt₂ 26 a 43 cm</p>	<p>Color café amarillento oscuro, textura arcillosa, 5 % de piedras, estructura en bloques angulares y subangulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces medias. Con pH medianamente ácido (5.64), pobre en materia orgánica (1.06 %), pobre en fósforo (4.71 ppm) y en potasio disponible (0.08 meq/100 gr), CIC baja (14.65 meq/100 g) y una saturación de bases alta (59.6 %)</p>
<p>BC 43 a 55 cm</p>	<p>Color café amarillento, textura franco arcillosa, 10 % de piedras, estructura en bloques angulares y subangulares, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas.</p>
<p>C 55 a 80 + cm</p>	<p>Color café amarillento, textura franco arcillosa con 15 % de gravas, estructura en bloques angulares, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite neto y plano, sin presencia de raíces.</p>
<p>R 80 +</p>	<p>Capa de rocas mayores de 10 cm.</p>

El siguiente perfil representativo se describió en el Sendero a La Laguna (Balgue), en pendiente de 45 %, con drenaje moderado, pedregosidad en la superficie de 20 %, erosión moderada, usado con bosque secundario.

Horizonte	Características
A 0 a 18 cm	Color café muy oscuro, textura franco arcillo arenosa, estructura granular compuesta, consistencia ligeramente friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado; abundantes meso y macroporos, límite neto y ondulado, frecuentes raíces gruesas, abundantes medias y finas. Con pH ligeramente ácido (6.21), contenido alto en materia orgánica (10.18 %), pobre en fósforo (1.1 ppm) y alto en potasio disponible (0.65 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (53.28 meq/100 gr) y saturación de bases alta (85.94 %).
Bw₁ 18 a 43 cm	Color café oscuro, textura arcillosa, 40 % de piedras, estructura en bloques subangulares, consistencia firme en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite difuso y ondulado, abundantes raíces medias. Con pH neutro (7.04), contenido alto en materia orgánica (4.92%), pobre en fósforo (4.4 ppm) y alto en potasio disponible (0.47 meq/100 gr), CIC alta (35.87 meq/100 gr) y saturación de bases alta (86 %)
Bw₂ 43 a 65 cm	Color café amarillento oscuro, textura arcillosa, 60 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes macro y mesoporos, límite difuso y ondulado, abundantes raíces medias. Con pH neutro (7.18), pobre en materia orgánica (1.85 %), pobre en fósforo (0.6 ppm) y alto en potasio disponible (0.93 meq/100 gr), CIC media (24.94 meq/100 g) y una saturación de bases alta (94.22 %)
C 65 a 92 + cm	Color café amarillento, textura franco arcillosa, con 60 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces medias.
Cr 92 +	Capa de rocas mayores de 10 cm.

2.2.2. Descripción de los suelos misceláneos

a. Tierras escarpadas (Q)

Consiste de suelos de escaso desarrollo, que se caracterizan por ser superficiales a moderadamente superficiales debido a que se encuentran en lugares accidentados, con pendientes que van de 8 a más de 45 %; son de color café muy oscuro y francos en la superficie y café amarillento oscuros y francos a franco arcillosos con gravas en el subsuelo. La mayor parte de éstos se encuentran muy erosionados.

Tiende a presentar pH neutro a ligeramente ácido, contenido pobre a medio en materia orgánica, pobre en fósforo y alto en potasio disponible, con una capacidad de intercambio de cationes baja y saturación de bases alta.

Ocupan un área de 0.05 km², equivalente al 0.02 % del territorio municipal. Dada las restricciones de pendiente, profundidad y riesgo de erosión, estos suelos son aptos para pastos con árboles, forestal, protección de flora y fauna, protección de laderas y áreas de recarga de acuíferos. Los cultivos anuales se permiten en áreas con menores pendientes, pero bajo sistemas agroforestales y obras de conservación de suelos, para el control de la erosión, mejorar o mantener la fertilidad y regular el ciclo hidrológico.



Fig. 15 Perfil suelo Tierras Escarpadas



Fig. 16 Paisaje suelo Tierras Escarpadas

El siguiente perfil representativo de los suelos Tierras Escarpadas se describió en pendiente de 45 %, usado con musáceas con árboles, fuertemente erosionados.

Horizonte	Características
A₁ 0 a 12 cm	Color café muy oscuro, textura franca, estructura granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, frecuentes abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas y medias, pocas gruesas. Con pH neutro (6.84), contenido pobre en materia orgánica (2.63 %), pobre en fósforo (n.d.) y alto en potasio disponible (0.47 meq/100 gr), CIC baja (16.12 meq/100 gr de suelo) y saturación de bases alta (101.6 %).
AC 12 a 25 cm	Color café amarillento oscuro, textura franco arcillo arenosa con gravas, estructura granular, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces medias y finas. Con pH ligeramente ácido (6.42), pobre en materia orgánica (1.06 %), pobre en fósforo (n.d.) y alto en potasio disponible (0.42 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (15.68 meq/100 g), y una saturación de bases alta (86.29 %)
R 25 a 40 +	Piroclastos, textura arenosa con gravas, límite neto y ondulado, abundantes macroporos, pocas raíces finas.

b. Tierras Coluviales (TC)

Suelos en pendientes de 0 a 8 %, moderadamente profundos, café oscuros a café amarillento oscuros y francos en la superficie, café amarillento oscuros y francos a franco arenosos en el subsuelo, bien drenados, permeabilidad alta y capacidad de humedad disponible baja, derivados de depósitos coluviales provenientes de lugares adyacentes más elevados; presentan abundante piedras en la superficie y en el perfil (hasta del 60 %).

Ocupan un área de 8.31 km², equivalente al 3.93 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos semiperennes y perennes, pastos, forestal; se pueden establecer cultivos anuales bajo sistemas agroforestales y/o con prácticas de conservación de suelos que incluyen rotación de cultivos, fertilización complementaria, incorporación de materia orgánica, entre otras, para conservar y mejorar su fertilidad.



Fig. 17 Perfil suelo Tierras Coluviales

El perfil representativo de las Tierras Coluviales fue descrito en el sector de San Ramón, en pendiente de 4 %, bien drenados, sin evidencias de erosión, usado con tacotal.

Horizonte	Características
A 0 a 17 cm	Color café amarillento oscuro, textura franca, con 10 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas y medias. Con pH medianamente ácido (5.76), medio en materia orgánica (2.5 %), pobre en fósforo (9.3 ppm) y alto en potasio disponible (0.86 meq/100 gr de suelo), CIC baja (19.45 meq/100 gr) y saturación de bases alta (59.89 %)
C₁ 17 a 27 cm	Color café amarillento oscuro, textura franco arenosa, con 15 % de piedras, estructura masiva, consistencia suelta en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces medias y gruesas. Con pH medianamente ácido (6.05), pobre en materia orgánica (0.8 %), pobre en fósforo (8.7 ppm) y alto en potasio disponible (1.37 meq/100 gr de suelo), CIC baja (15.47 meq/100 gr) y saturación de bases alta (78.15 %)
C₂ 27 a 40 cm	Color café amarillento oscuro, textura franca, 10 % de piedras, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces medias y gruesas. Con pH medianamente ácido (5.49), contenido pobre en materia orgánica (1 %), medio en fósforo (14.4 ppm) y alto en potasio disponible (1.77 meq/100 gr), CIC baja (18.04 meq/100 gr) y saturación de bases alta (69.84 %)
2A 40 a 56 cm	Combinación de colores negro (50 %) y café muy oscuro (50 %), textura franca, 10 % de gravas y 15 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces medias y gruesas.
Bw 56 a 73 cm	Colore café amarillento oscuro, textura franco arcillosa, con 10 % de gravas y 40 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y ondulado, pocas raíces medias.
Cr 73 a 90 + cm	Color café amarillento oscuro, textura franca, con 50 % de piedras y 20 % de gravas, estructura masiva, consistencia suelta en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y ondulado, sin raíces.

c. Tierras Aluviales (TX)

Consisten de suelos en pendientes de 0 a 4 %, originados a partir de depósitos de materiales estratificados recientes, lavados de las tierras altas adyacentes, y que son depositados por corrientes de agua 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.

Tienden a presentar pH neutro, contenido pobre a medio en materia orgánica, pobre en fósforo y alto en potasio disponible, con una capacidad de intercambio de cationes baja y saturación de bases alta

Ocupan un área de 3.04 km², equivalente al 1.43 % del territorio municipal. Son aptos para cultivos anuales, pastos, sin embargo, para conservar y mejorar su fertilidad se debe emplear un manejo agro ecológico de los mismos, que incluye rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica, fertilización complementaria, entre otras.

Fig. 18 Paisaje Tierras Aluviales



El siguiente perfil representativo de los suelos aluviales fue descrito en el sector de Telaviv, en pendiente de 1 %, bien drenado, sin evidencias de erosión, usado con pasto

Horizonte	Características
A 0 a 23 cm	Color café grisáceo muy oscuro, textura franca, con 1 % de grava fina, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes meso y microporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH neutro (6.62), contenido pobre en materia orgánica (1.51 %), pobre en fósforo (9.5 ppm) y alto en potasio disponible (1.36 meq/100 gr), CIC muy baja (9.1 meq/100 gr de suelo) y una saturación de bases alta (102 %).
Bw 23 a 50 cm	Color café amarillento oscuro, textura franca, con 2 % de grava, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces finas. Con pH neutro (6.85), contenido pobre en materia orgánica (0.45 %), pobre en fósforo (n.d.) y alto en potasio disponible (1.38 meq/100 g de suelo), CIC muy baja (9.1 meq/100 g) y una saturación de bases alta (112.55 %).
C₁ 50 a 66 cm	Color café grisáceo muy oscuro, textura arenosa, estructura masiva, consistencia suelta en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, límite neto y ondulado, frecuentes raíces finas.
C₂ 66 a 87 + cm	Color gris muy oscuro, textura arenosa, estructura masiva, consistencia suelta, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes mesoporos, pocas raíces finas.

d. Suelos Vertisoles (V)

Son suelos arcillosos negros y pesados, profundos a moderadamente profundos, pobremente drenados, permeabilidad muy lenta, capacidad de humedad disponible moderada a moderadamente alta y una zona radicular moderadamente profunda a profunda. Se han derivado de depósitos 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 10 cm de espesor y de 50 cm a más de profundidad), lo cual causa ruptura de las raíces y stress a las plantas.

Están asociados y son similares a los suelos vérticos, pero difieren principalmente en que estos últimos tienen menos arcilla. Son aptos para pastos, forestales y arroz. Sin embargo, debido a su textura arcillosa pesada son difíciles de trabajar.

Ocupan un área de 3.34 km², que equivale al 1.58 % del territorio municipal.

Son aptos para pastos, forestal y cultivos resistentes al anegamiento como el arroz.



Fig. 19 Paisaje suelo Vertisol

.e. Suelos Vérticos (VC)

Son suelos en pendientes de 0 a 8 %, derivados de depósitos de materiales volcánicos de textura fina, profundos a moderadamente superficiales, con textura franco arcillosa y color oscuros a pardo oscuro en la superficie, textura arcillosa y pardo oscuros a pardo amarillentos en el subsuelo, con drenaje moderado a pobre.

Tienden a presentar pH ligeramente ácido, contenido pobre a medio en materia orgánica, pobre en fósforo y alto en potasio disponible, con una capacidad de intercambio de cationes y saturación de bases alta.

Ocupan un área de 37.39 km², equivalente al 17.67 % del territorio municipal. Son aptos para pastos, forestal y cultivos resistentes al anegamiento como el arroz.



Fig. 20 Perfil suelo Vértico

El perfil representativo de los suelos vérticos se describió en el sector de San Fernando, en pendiente de 4 %, sin evidencias de erosión, drenaje imperfecto, usado con pasto matorraloso, presentando las siguientes características.



**Fig. 21 Paisaje suelo
Vértico**

Horizonte	Características
A 0 a 18 cm	Color negro, textura arcillosa, estructura prismática, consistencia extremadamente firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH ligeramente ácido (6.37), pobre en materia orgánica (2.52 %), pobre en fósforo (13.7 ppm) y alto en potasio disponible (0.56 meq/100 gr de suelo), CIC muy alta (59.53 meq/100 gr), y una saturación de bases alta (86.69 %)
Bw₁ 18 a 44 cm	Mezcla de colores café grisáceo oscuro (60 %) y negro, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia extremadamente firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, frecuentes raíces finas. Con pH muy ligeramente ácido (6.16), medio en materia orgánica (0.78 %), pobre en fósforo (22.2 ppm) y alto en potasio disponible (0.11 meq/100 gr), CIC alta (55.11 meq/100 gr), y una saturación de bases alta (49.4 %)
Bw₂ 44 a 66 cm	Mezcla de colores café (80 %) y negro, textura arcillosa, consistencia extremadamente firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, pocas raíces finas. Con pH muy ligeramente ácido (5.88), medio en materia orgánica (0 %), pobre en fósforo (4.4 ppm) y alto en potasio disponible (0.12 meq/100 gr), CIC alta (58.62 meq/100 g), y una saturación de bases alta (95.95 %)
Bw₃ 66 a 87 cm	Color café olivo claro, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia extremadamente firme en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, límite difuso y ondulado, sin presencia de raíces.
BC 87 +	Color café olivo claro, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia plástica y adhesiva en mojado, abundantes microporos, sin presencia de raíces.

f. Pantanos y Ciénagas (M2)

Áreas que son frecuentemente inundadas y tienen una tabla de agua alta durante la mayor parte del año. Están clasificadas como pantanos y ciénagas; los pantanos soportan vegetación de zacates, mientras que las ciénagas soportan vegetación arbórea.

Ocupan una extensión de 1.37 km², que equivale al 0.65 % del territorio municipal. Debido a su rol ecológico, dichas áreas deben ser destinadas a protección de la vida silvestre.

h. Misceláneos Varios (MV)

Consiste de suelos moderadamente profundos, negros y franco arenosos en la superficie, café oscuros a café amarillento oscuros y francos a franco arenosos en el subsuelo, bien drenados, con pedregosidad en la superficie y en el perfil (hasta del 70 %), permeabilidad alta y baja capacidad de retención de humedad. Se han desarrollado a partir de escoria o gravas.

Tiende a presentar pH neutro a ligeramente ácido, contenido alto a medio en materia orgánica, pobre en fósforo y medio en potasio disponible, con una capacidad de intercambio de cationes baja y saturación de bases alta.

Ocupan un área de 36.71 km², equivalente al 17.35 % del territorio municipal. Dada las restricciones de pendiente, profundidad y pedregosidad, estos suelos son aptos para cultivos semiperennes y perennes, pastos con árboles y forestal; cultivos anuales se permiten en áreas con menores pendientes, pero bajo sistemas agroforestales y obras de conservación de suelos, para el control de la erosión, mejorar o mantener su fertilidad.



*Fig. 22 Perfil suelo
Misceláneo Vario*



*Fig. 23 Paisaje suelo
Misceláneo Vario*

El siguiente perfil representativo de los suelos Misceláneos Varios se describió en el sector de San José del Norte, en pendiente de 6 %, pedregosidad del 60 %, bien drenado, usado con plátanos.

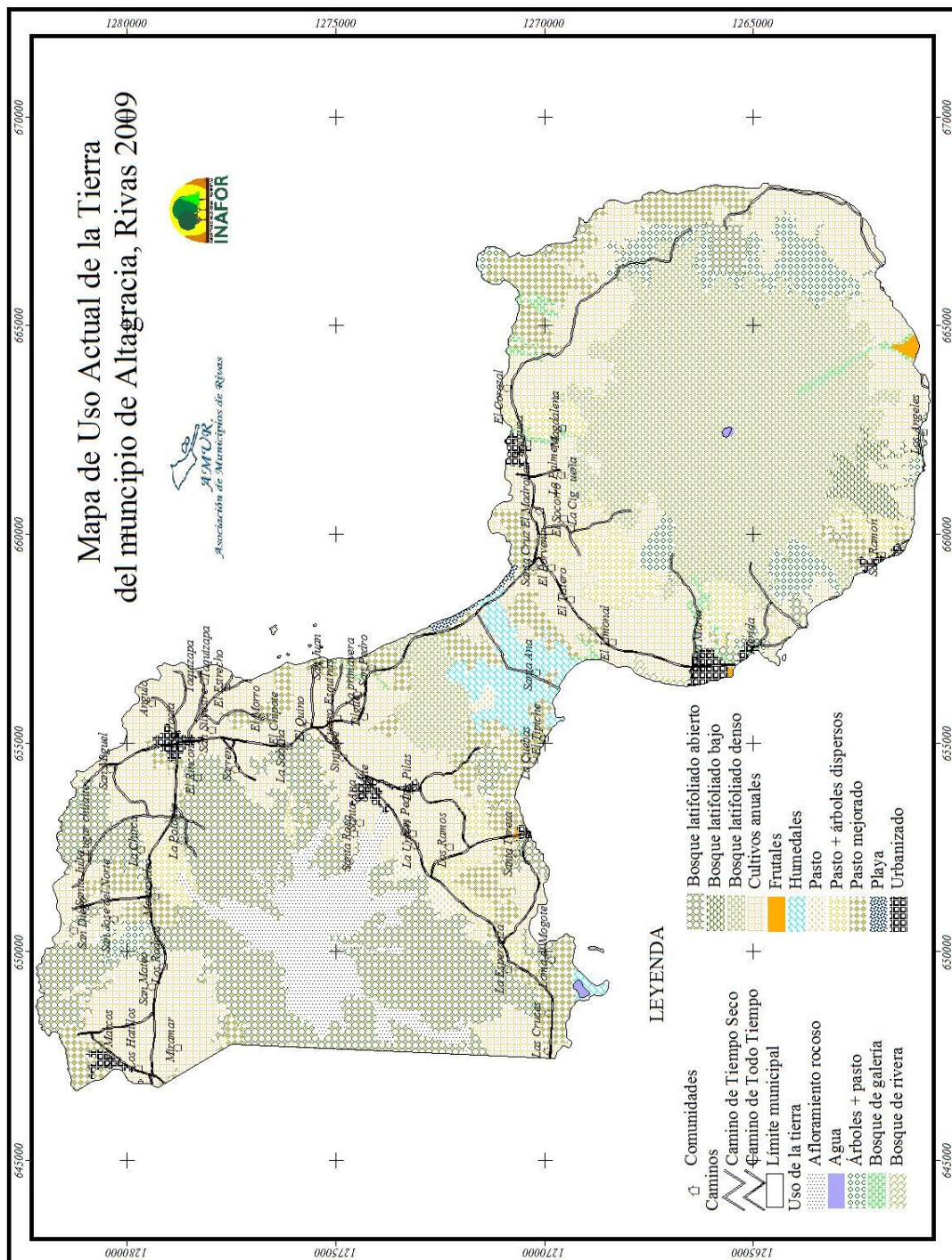
Horizonte	Características
A 0 a 31 cm	Color negro, textura franco arenosa, 10 % de piedras, estructura granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes meso y macroporos, límite neto y ondulado, abundantes raíces media y finas. Con pH neutro (6.72), contenido alto en materia orgánica (7.27 %), alto en fósforo (31.4 ppm) y medio en potasio disponible (0.27 meq/100 gr de suelo), CIC media (22.53 meq/100 gr) y saturación de bases alta (101.46 %).
Bw 31 a 47 cm	Color café muy oscuro, textura franco arenosa, 15 % de piedras, estructura en bloques subangulares y granular compuesta, consistencia friable en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macro y mesoporos, límite neto y plano, pocas raíces medias y finas. Con pH ligeramente ácido (6.54), contenido medio en materia orgánica (3.13 %), pobre en fósforo (3.1 ppm) y medio en potasio disponible (0.22 meq/100 g de suelo), CIC baja (10.06 meq/100 g) y saturación de bases alta (81.1 %)
C₁ 47 a 73 cm	Color café amarillento oscuro, textura franco arenosa, 40 % de piedras, estructura granular, consistencia suelta en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macroporos; límite neto y ondulado, pocas raíces finas. Con pH neutro (6.73), contenido pobre en materia orgánica (0.56 %), pobre en fósforo (1.4 ppm) y medio en potasio disponible (0.21 meq/100 g de suelo), CIC baja (3.73 meq/100 g) y saturación de bases alta (104.29 %).
C₂ 73 a 90 cm	Color café amarillento oscuro, textura arenosa, 50 % de piedras, estructura granular, consistencia suelta en húmedo, no plástica y no adhesiva en mojado, abundantes macroporos, límite neto y ondulado, pocas raíces finas.
Cr 90 +	Rocas mayores de 10 cm

III. USOS, CAPACIDAD DE USO Y CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA

3.1. Uso del suelo en el municipio Altagracia

El territorio del municipio Altagracia está usado en una importante proporción por actividad agropecuaria, ya que el 45.84 % del área municipal tiene este uso (ver figura 24); sin embargo, el 75 % de esta área corresponde a cultivos y el 25 % a pastos. Otra proporción igualmente importante corresponde a bosques, entre los que sobresalen el bosque latifoliado denso (52 %) y el bosque latifoliado abierto (43.3 %).

Figura 24.
Mapa de uso del suelo en el municipio Altagracia



3.2. Capacidad de uso de la tierra en el municipio Altagracia

A los productores experimentados, el sistema de prueba y error les ha permitido heredar un conocimiento empírico valioso sobre el suelo que utilizan. Sin embargo, cuando un técnico o planificador debe tomar decisiones sobre la asignación de usos a un territorio, se hace muy evidente la necesidad de tener un conocimiento del mismo. Las decisiones en la asignación de usos pueden llegar a ser críticas, dando lugar a importantes beneficios o pérdidas, según el uso a que se destine un determinado territorio.

Pero, la utilización de la información contenida en un mapa de suelos con el fin de definir el uso más adecuado para cada unidad, requiere de un proceso conocido como **evaluación de tierras**. La evaluación de un terreno es una forma de clasificación del mismo y busca utilizar la gran cantidad de información que sobre él se dispone, para contestar a las preguntas que se plantean los usuarios acerca de las oportunidades y limitaciones de uso. El método más utilizado y el empleado en este municipio se conoce como "**Clases de Capacidad Agrológica**", el cual fue desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, pero que ha sido adaptado para ser usado en los países tropicales.

Este sistema de evaluación de tierras provee tres categorías: la Unidad de Capacidad, la Subclase y la Clase de Capacidad; esta última categoría fue la utilizada en este estudio. La **Clase de Capacidad de Uso** es la más alta categoría del sistema, la cual permite clasificar todos los suelos en ocho clases de capacidad, de acuerdo al grado de riesgos o limitaciones de uso. Los grados de limitación tienen las categorías "nulo", "leve", "moderado", "severo" y "muy severo" (ver tabla 1). Esos criterios están en parte relacionados con los costos de producción, ya que una clase con "limitaciones severas" requiere de una mayor inversión en insumos y obras de conservación de suelos, que si la limitación se encontrara en la categoría "leve".

Tabla 1. Grado de limitación de las Clases de Capacidad para cada Uso Mayor de la Tierra

Clases de capacidad de uso	Uso mayor de la tierra			
	Cultivos anuales mecanizados	Cultivos semiperennes y pastos	Cultivos perennes y forestales	Protección de la vida silvestre
I	No hay			
II	Leve			
III	Moderado			
IV	Severo	Leve		
V		Moderado		
VI		Severo	Leve	
VII			Moderado	
VIII			Severo	Leve
	Grados de limitación y riesgos de erosión			

Las Clases son progresivamente ascendente desde la Clase I hasta a la Clase VIII, según el grado de las limitaciones. Los suelos en las Clases I a IV son capaces de producir una gama amplia de cultivos, bajo adecuadas condiciones de manejo. En la Clase V son adecuados para pastos y cultivos especiales tolerantes a problemas de drenaje y sales, tales como arroz de inundación. La Clase VI es adecuada para pastos, cultivos perennes y forestales. La Clase VII es adecuada para

cultivos perennes y forestales. Mientras que los suelos en la Clase VIII no son adecuados ni para agricultura ni para forestal, debido al alto riesgo ambiental que implica estos usos, por lo cual deben destinarse a la protección de la vida silvestre, de fuentes agua y el ecoturismo.

La evaluación de los suelos empleando el método de clases agrológicas indica que el 50.62 % del territorio municipal tiene vocación forestal o agroforestal y el 9.32 % para forestal pero con restricciones; mientras que sólo el 7 % es apto para cultivos anuales de surco con leves a moderadas restricciones y el 15.56 % presenta fuertes restricciones para este tipo de usos. Estos resultados señalan la imperiosa necesidad de promover un uso sostenible de la tierra que evite y reduzca el deterioro del recurso suelo (ver tabla 2 y figura 25).

Tabla 2. Clases de capacidad de uso de la tierra

Clase	Descripción	Área (km ²)/%
II	Suelos de uso agropecuario amplio, profundos (75 a 100 cm), pero con algunas limitaciones (topografía ligeramente inclinada, pendientes de 2 a 4 %, erosión moderada) que solas o combinadas incrementan los costos de producción. Sin piedras, ni problemas por toxicidad o salinidad, sin riesgo de inundación.	1.74 / 0.82 %
III	Tierras con limitaciones moderadas que solas o combinadas, restringen la elección de cultivos o incrementan costos de producción. Entre las restricciones se encuentran profundidad moderada (50 a 75 cm); textura arcillosa o franco arenosa y drenaje moderado rápido, topografía moderadamente ondulada o moderada inclinada, pendientes de 4 a 8 %, erosión fuerte, drenaje interno moderado, periodo canicular acentuado. Requieren para su manejo prácticas intensivas de conservación de suelos y agua.	13.05 / 6.16 %
IV	Con fuertes limitaciones que solas o combinadas restringen la amplitud de uso a vegetación semipermanente y permanente; entre las limitaciones se encuentran: pendientes de 8 a 15 %, erosión severa, poca profundidad (25 a 50 cm), 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, pedregosidad moderada, riesgo de inundación moderado. Cultivos anuales pueden desarrollarse sólo de manera ocasional y con prácticas muy intensivas de conservación de suelos y agua.	32.95 / 15.56
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.	6.2 / 2.93

Clase	Descripción	Área (km ²)/%
VI	Con severas limitaciones tales como relieve fuertemente ondulado, pendientes de 15 a 30 %, erosión severa, poca profundidad (menos de 40 cm), texturas muy gruesas, muy baja fertilidad, salinidad moderada, drenaje interno moderado, excesivo o moderado lento, que solas o combinadas restringen su uso a la producción forestal, así como cultivos permanentes (pastos y frutales), pero con prácticas intensivas de conservación suelos y agua.	107.17 / 50.62
VII	Con limitaciones muy severas tales como relieve escarpado, pendientes de 30 a 75 %, erosión severa, pedregosidad en la superficie y en el perfil, que solas o combinadas restringen su uso a bosques.	19.72 / 9.32
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.	30.55 / 14.45

Fuente: Adaptado de MIFIC. 2007. Norma Técnica Nicaragüense para el Uso y Manejo del Suelo

Figura 25. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio Altagracia

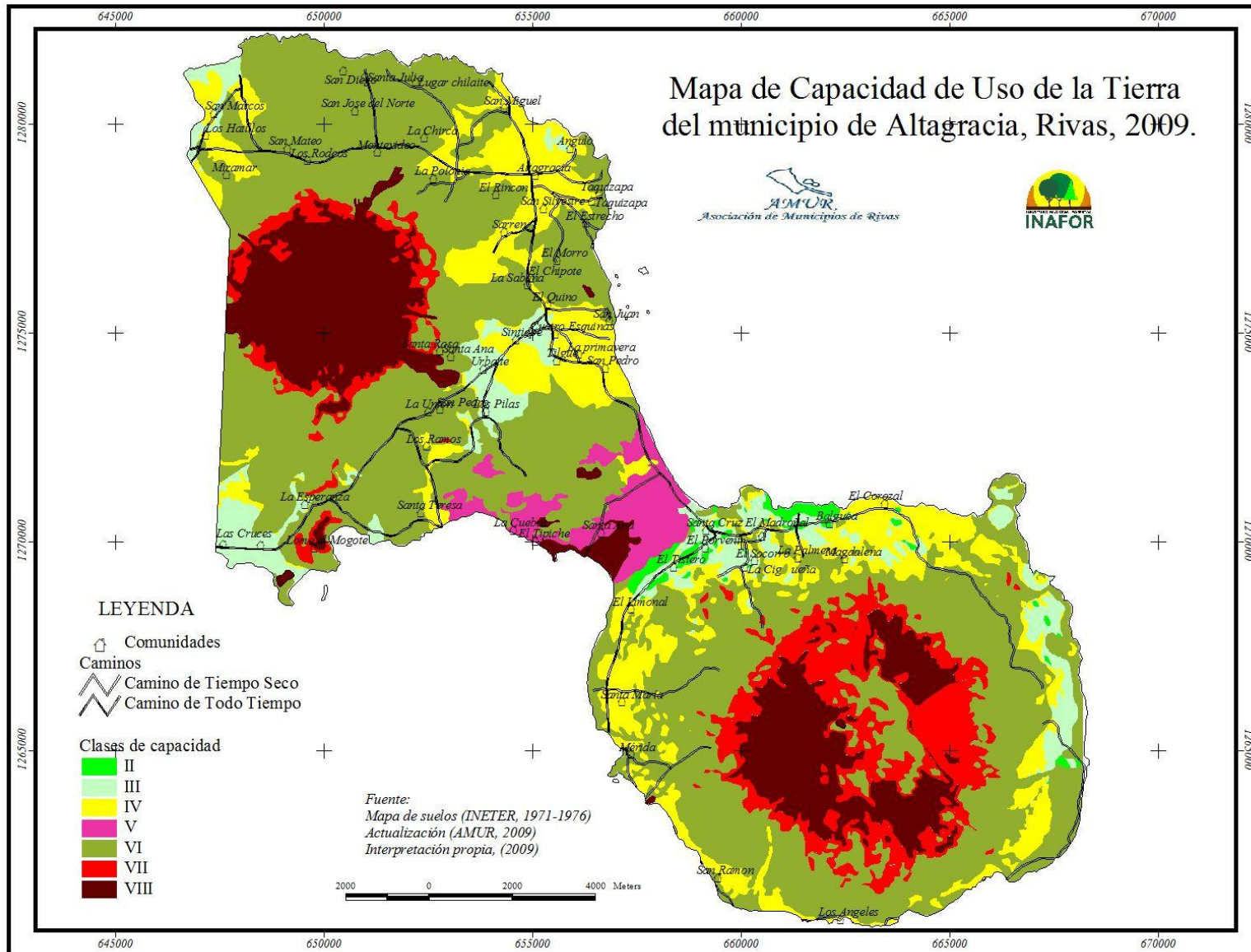


Tabla 3. Recomendaciones de uso y manejo de suelos por clases de capacidad de uso de la tierra

Clase	Uso recomendado	Manejo
II y III	<p>Cultivos anuales: Granos básicos, raíces y tubérculos, hortalizas, oleaginosas, cucurbitáceas, cultivos de enramadas.</p> <p>Cultivos semi perennes: caña de azúcar, musáceas, frutales, cultivos de enramadas, plantas aromáticas y medicinales.</p> <p>Cultivos perennes: especies forestales, sistemas agroforestales, frutales, pastos, plantas aromáticas y medicinales.</p>	<p>Protección de fuentes de agua, manejo de rastrojos, no quema, siembra en contorno, barreras vivas, cobertura permanente, rotación de cultivos, acequias de infiltración, diques de contención, labranza mínima. Sistemas agroforestales, manejo de pasturas, cercas vivas, pastoreo rotativo y manejo de carga animal. Plantaciones forestales, cortinas rompe viento.</p>
IV	<p>Cultivos semi perennes: caña de azúcar, musáceas, frutales, cultivos de enramadas.</p> <p>Cultivos perennes: sistemas agro-forestales con frutales, sistemas silvopastoriles con pastos extensivos/ pastos de corte, plantaciones forestales.</p> <p>Cultivos anuales: con prácticas especiales, granos básicos, raíces y tubérculos, hortalizas, oleaginosas, cucurbitáceas, cultivos de enramadas.</p>	<p>Protección de 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 y caña de azúcar.</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.</p> <p>Cultivos perennes: Sistemas agro-forestales con plantas medicinales, forestales.</p>	<p>Protección fuentes de agua, manejos de rastrojos, cobertura permanente, sistemas agroforestales, agricultura de conservación, diques, barreras muertas. 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>

Fuente: Adaptado de MIFIC. 2007. Norma Técnica Nicaragüense para el Uso y Manejo del Suelo

3.3. Conflictos de uso de la tierra en el municipio Altagracia

Las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra nos indican el uso adecuado para un determinado territorio; sin embargo, el uso que se le puede estar dando en la realidad podría ser diferente, por diversas razones. Esta contradicción entre el uso actual y el ideal se conoce como **Conflictos de Uso de la Tierra**.

El *Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra* (ver figura 26 y tabla 4) resulta de contrastar el Mapa de Capacidad de Uso con el Mapa de Uso Actual. Este proceso refleja las áreas controversiales en una zona, bajo las categorías especificadas en la siguiente tabla:

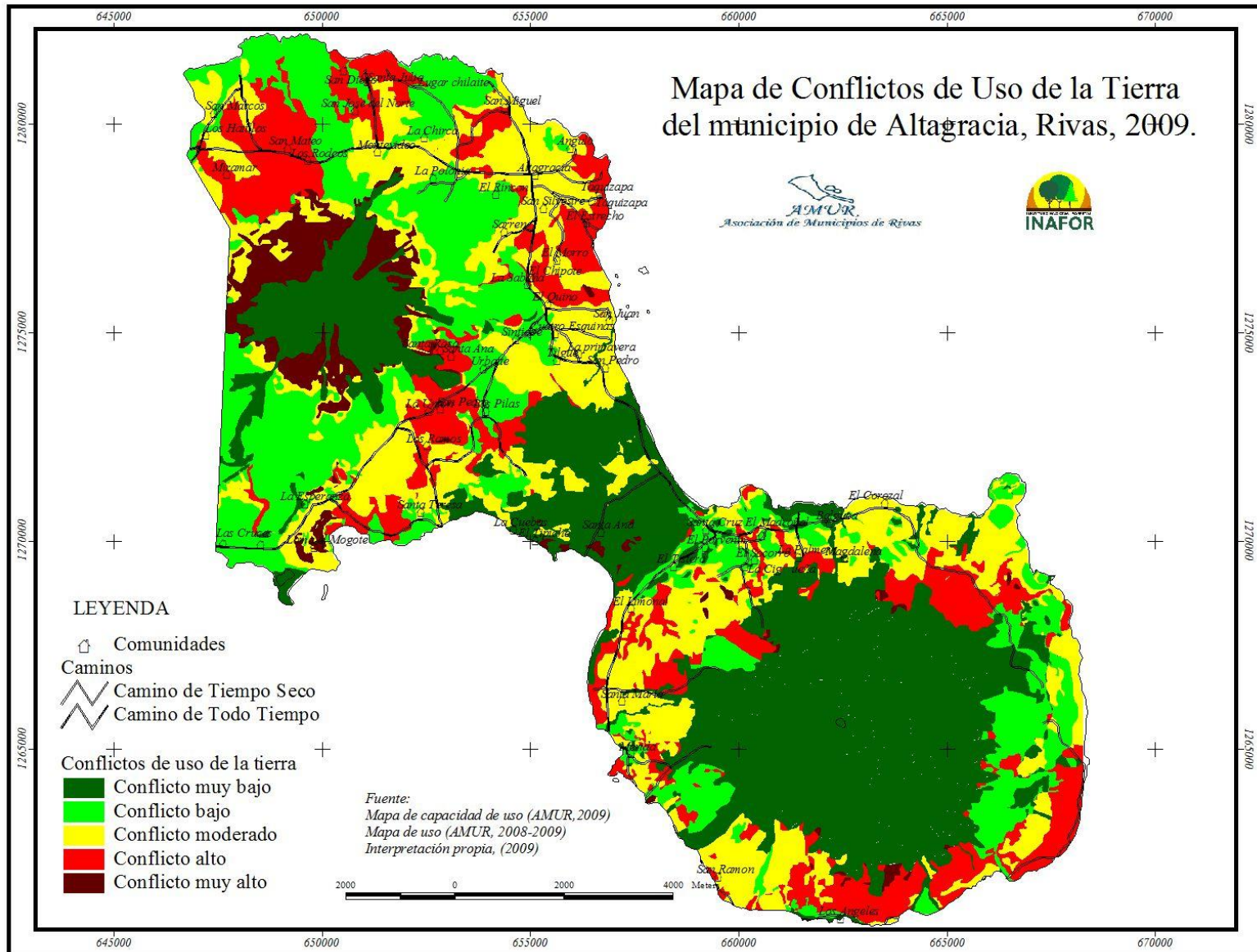
Tabla 4. Categorías de conflictos de uso de la tierra en el municipio

Conflicto	Descripción	Área (Km ²) / %
Muy Bajo	Donde el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial; por ejemplo, suelos clase II usados con cultivos, para lo cual son aptos.	70.5 / 33.33
Bajo	El suelo puede llegar a tener el uso potencial, pero con leves restricciones; por ejemplo, suelos en pendiente de 4 a 8 % usados para cultivos de surcos, pero si prácticas de conservación de suelos que eviten la erosión.	46.24 / 21.84
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.	53.03 / 25.06
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).	32.85 / 15.51
Muy Alto	Tierras en donde se practica agricultura, pero que deberían ser áreas de bosques o protección de la vida silvestre.	8.74 / 4.13

De acuerdo con estos resultados, un poco más de la cuarta parte del territorio municipal está siendo utilizados por encima de su capacidad de uso, ya que el 27 % del área presentan conflictos alto a muy alto; sin embargo, si a esto le sumamos el conflicto moderado se tiene que el 44.7 % tiene riesgo de degradación.

Es importante hacer notar que estas categorías están relacionadas más directamente con el uso mayor de la tierra y no toman en cuenta el manejo a que están siendo sometidas. Es decir, un área puede aparecer con un conflicto bajo de uso, pero realmente puede estar siendo sometida a prácticas de manejo inadecuadas que favorecen su degradación.

Figura 26. Mapa de conflictos de uso de la tierra en el municipio Atagracia



IV. 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 y en el pie de monte, arcillosos, moderadamente profundos**, que incluye los suelos Volcán Maderas, Magdalena y Mérida.
- ☞ **Suelos de ladera y en el pie de monte, francos, moderadamente profundos a moderadamente superficiales**, que incluye los suelos Tierras Escarpadas, Tierras Coluviales, Misceláneos Varios.
- ☞ **Planicie de origen volcánico reciente** que comprende las series de suelos Ometepe, El Cráter y Tierras Aluviales.
- ☞ **Planicie de origen sedimentario** compuesta por los suelos Vérticos y Vertisoles

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.

4.1. Suelos de ladera y en el pie de monte

a. Suelos arcillosos, moderadamente profundos del Volcán Maderas

Se localizan en las laderas y pie de monte del Volcán Maderas, formados a partir de piroclastos indiferenciados. Este ecosistema incluye los suelos Volcán Maderas, Magdalena y Mérida; en su mayor parte son moderadamente profundos, franco arcillosos a arcillosos, generalmente con abundante pedregosidad en la superficie y en el perfil (hasta del 70 %).

Estos suelos soportan gran parte de los cultivos importantes de la zona tales como musáceas, maíz, arroz, entre otros. En los suelos Volcán Maderas se encuentra la mayor parte de bosque; sin embargo, en diferentes 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, así como la sedimentación del Lago de Nicaragua.
- ***Pérdida de materia orgánica:*** causada por la erosión de la capa superficial, quemadas, lo que repercute en disminución de 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 se refleja en una disminución de la calidad y cantidad de las cosechas.
- ***Disminución de la capacidad de infiltración:*** relacionada con la textura arcillosa, disminución de la cobertura vegetal, que incide en una alteración del ciclo hidrológico.
- ***Pedregosidad:*** en algunas áreas del 70 %, lo cual dificulta las labores agrícolas, la penetración de las raíces de los árboles; sin embargo, a su vez las piedras contribuyen a reducir la erosión y mejorar la circulación del agua dentro del suelo.
- ***Riesgo de deslizamientos:*** el exceso de agua en áreas escarpadas provoca un exceso de presión hidráulica que puede provocar deslizamientos de tierras en áreas que han perdido estabilidad, por ejemplo, por deforestación o corte a la ladera para la construcción de caminos.

b. Suelos de ladera y en el pie de monte, francos, moderadamente profundos a moderadamente superficiales

Se localizan en las laderas y pie de monte de los volcanes Concepción y Maderas, formados a partir de piroclastos indiferenciados. Este ecosistema incluye los suelos Tierras Escarpadas, Tierras Coluviales, Misceláneos Varios; en su mayor parte son moderadamente profundos, francos a franco arenosos, generalmente con abundante pedregosidad en la superficie y en el perfil (hasta del 70 %).

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, arrastre del suelo y con él de los nutrientes y la materia orgánica, así como la sedimentación del Lago de Nicaragua.
- ***Pérdida de materia orgánica:*** causada por la erosión de la capa superficial, quemadas, lo que repercute en disminución de la capacidad de retención de nutrientes, 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, baja capacidad de intercambio de cationes, que se refleja en una disminución de la calidad y cantidad de las cosechas.
- ***Pedregosidad:*** en algunas áreas del 70 %, lo cual dificulta las labores agrícolas; sin embargo, a su vez las piedras contribuyen a reducir la erosión y mejorar la circulación del agua dentro del suelo.

- **Riesgo de deslizamientos:** en áreas con fuertes pendientes el aumento de la presión hidráulica provocado por el exceso de agua en Tierras Escarpadas y Tierras Coluviales, genera deslizamientos de tierras.

c. Alternativas para el manejo de suelos

- Transferencia de tecnología apropiada. Promover un programa 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 alta demanda tales como las musáceas, así como el manejo más apropiado para evitar pérdidas de nutrientes que vayan a contaminar el Lago de Nicaragua.
- Formular e implementar un programa de manejo de la regeneración natural y el establecimiento de sistemas agroforestales, áreas escarpadas susceptibles a la erosión.
- Declarar áreas protegidas privadas y públicas en las tierras escarpadas en áreas boscosas.
- Fomentar el ecoturismo, que beneficie a las familias pobres.
- Revisar el estado actual, diseño y construcción y mantenimiento de caminos.
- Introducir bancos de leguminosas y sales minerales complementarias para la alimentación del ganado mayor.
- Validar y fomentar la introducción de sistemas silvopastoriles, frutícola forestal, y agroforestales con especies adaptables a la zona.

4.2. Planicie de origen volcánico reciente

Comprende los suelos jóvenes de las series de suelos Ometepe, El Cráter y las Tierras Aluviales, los cuales se formaron a partir de materiales piroclásticos (cenizas y arenas), provenientes de erupciones del volcán Concepción y que fueron depositados en áreas planas a inclinadas.

Limitantes y/o problemas del ecosistema

- **Pérdida de materia orgánica:** causada por la erosión de la capa superficial, quemadas, lo que repercute en disminución de la capacidad de retención de nutrientes, 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, baja capacidad de intercambio de cationes, que se refleja en una disminución de la calidad y cantidad de las cosechas.
- **Pedregosidad:** en algunas áreas del 70 %, lo cual dificulta las labores agrícolas; sin embargo, a su vez las piedras contribuyen a reducir la erosión y mejorar la circulación del agua dentro del suelo.
- **Baja capacidad de retención de humedad:** relacionada con el bajo contenido de arcillas y materia orgánica, responsables de la retención del agua en el suelo.

Alternativas para el manejo de suelos

- Promover un programa de conservación de suelos que fomente la incorporación de materia orgánica para mejorar la retención de humedad y de nutrientes.
- Promover el manejo integrado de nutrientes; validar el uso de fertilizantes que ayuden a corregir las deficiencias de los nutrientes esenciales N, P, K, en cultivos de alta demanda tales como las musáceas, así como el manejo más apropiado para evitar pérdidas de nutrientes que vayan a contaminar el Lago de Nicaragua.
- Fomentar sistemas de pastoreo compatibles con el ecosistema (sistemas silvopastoriles y pasturas de corte)
- Reforestar áreas cercanas a la costa del Lago.
- Impulsar un programa de huertos orgánicos en pequeñas áreas, para familias pobres que habitan en estos suelos.
- Fomentar el ecoturismo, que beneficie también a las familias pobres.

4.3. Planicie sedimentaria de los suelos Vérticos y Vertisoles

Estos suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales finos 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 este grupo se puede incluir los suelos **Pantanos y Ciénagas Indiferenciados**, que se caracterizan por permanecer inundados casi todo el año.

Limitantes y/o problemática del ecosistema

- Pérdida de materia orgánica en la superficie por sobrepastoreo y quemas.
- 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 las áreas inundables (humedales) por su valor ecológico.

V. 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	2
2.1. Génesis de los suelos	2
2.2. Descripción de los suelos presentes en el municipio Altagracia.....	6
2.2.1. Descripción de las series de suelos	7
2.2.2. Descripción de los suelos misceláneos.....	22
III. USOS, CAPACIDAD DE USO Y CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA	30
3.1. Uso del suelo en el municipio Altagracia.....	30
3.2. Capacidad de uso de la tierra en el municipio Altagracia.....	31
3.3. Conflictos de uso de la tierra en el municipio Altagracia.....	36
IV. ECOSISTEMAS DE SUELOS, SU PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS.....	38
4.1. Suelos de ladera y en el pie de monte	38
4.2. Planicie de origen volcánico reciente	40
4.3. Planicie sedimentaria de los suelos Vérticos y Vertisoles	41
V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	42