

ANEXO 1. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO Y FERTILIDAD DE ALGUNOS SUELOS ALUVIALES CON POTENCIAL PARA EL CULTIVO DEL CAMU-CAMU (*MYRCIARIA DUBIA* H.B.K.) EN CUATRO MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.²⁶

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se utilizó el método de colecta y análisis físico-químico de muestras del suelo con el fin de evaluar la fertilidad actual de algunos de los suelos aluviales de los municipios de Puerto Asís, Puerto Caicedo, Puerto Guzmán y Villagarzón en el departamento de Putumayo, que se considera tienen potencial para el cultivo del cama-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.) en sistemas agroforestales. Se muestrearon áreas relativamente representativas de los principales suelos aluviales pertenecientes a las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Piñuña blanca, Mandur, Guineo y Uchupayaco en 15 veredas, realizando transeptos de micro-toposecuencias con el fin de encontrar factores de variabilidad en el sentido horizontal de cada área. Fueron ubicados 45 puntos de cada sitio y fue muestreado a dos profundidades, para un total de 90 muestras, a las que se le determinaron: la distribución granulométrica, reacción del suelo (pH en agua y cloruro de calcio), materia orgánica, (amonio, nitratos), fósforo azufre, calcio, magnesio, potasio así como elementos menores disponibles para la nutrición de plantas. Además se obtuvo la capacidad de intercambio Catiónico y la conductividad eléctrica. La interpretación se realizó de acuerdo con los criterios establecidos por el laboratorio de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y del laboratorio de suelos de Corpoica.

Con base en el mapa existente de paisaje se delineó y espacializó, un mapa aproximado del área de cubrimiento de las muestras, cada sitio de muestreo, se georeferenció y el cual se asume que refleja el área de influencia al subpaisaje. Se reportan en la zona delineada, subpaisajes sin ningún muestreo actual del documento anexo al mapa se extraen la información de suelos, referente a ese subpaisaje para completar la información de suelos.

Se genera el mapa de “Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio”, escala 1:200.000, y se crea la respectiva leyenda donde se registra las características más relevantes por unidad fisiográfica, de la misma forma se realizan los mapas de Fertilidad, Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico, reacción del suelos (pH), Saturación de Aluminio y Elementos Menores.

²⁶CARLOS JULIO ESCOBAR. 2002. MSc. Suelos. Coordinador Programa Regional de Agroforestería. Corpoica R-10 ALBA LUCIA MONTOYA. 2002. Agróloga

El documento se divide en dos partes, en la primera se muestra la metodología aplicada y en la segunda se muestran los resultados de la descripción de los suelos en general de la zona de estudio y luego se relaciona la interpretación de las muestras por municipio y se describen los sitios por paisaje.

METODOLOGIA

Localización. La Figura 1y Cuadro 1, permiten observar los sitios donde se llevaron a cabo los muestreos de suelos, en los cuatro municipios ya mencionados.

Unidades fisiográficas

Hace referencia a la posición que ocupan en el perfil topográfico cada unidad geomorfológica. Con base en el anterior concepto, se encontró que de acuerdo a lo reconocido en el campo y a los análisis de laboratorio los suelos muestreados corresponden a las siguientes unidades de paisaje y subpaisaje.

- Terrazas: en los predios Santa Ana en Puerto Asís, en los predios de Piñuña blanco en Puerto Caicedo, predios la miseria en Puerto Guzmán y Guinea e Islandia en Villagarzón.
- Vegas inundables: están ubicados en los predios Brisas Hong Kong y la Unión en Puerto Asís, predios el Bagre en Puerto Caicedo, predios la Siberia, El Rubí, La esperanza y Villahermosa en puerto Guzmán y predios Diamante en Villagarzón.
- Lomerío fino: Localizados en los predios La Sardina de Puerto Asís, y Maracaibo de Puerto Caicedo.

Para cumplir los objetivos propuestos se desarrollaron las siguientes fases:

FASE 1. RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se relaciona a continuación la recolección de información que se encontró para la realización del presente trabajo:

- “Estudio preliminar de suelos y Bosques del proyecto de Colonización Caqueta Putumayo parte II”. El documento fue realizado por el Centro Interamericano de fotointerpretación CIAF- INCORA 1974, conformado por una descripción de las Unidades fisiográficas, de los suelos, cada uno con sus respectivos análisis químicos
- y la interpretación correspondiente, de igual manera contiene un Mapa preliminar de suelos, con una leyenda Fisiográfica escala 1:200000 donde se ubica la zona de estudio a desarrollar.

Como aporte digital se tuvo en cuenta el mapa de paisajes obtenido en el PLANTE a escala 1: 500000 y el de suelos a escala 1:1000000 del Departamento de Putumayo elaborado en software ARC VIEW, para obtener una mayor comprensión en su análisis y más detalle se trabajo en ILWIS. No obstante la

● Información obtenida de este material fue muy general dada la escala tan grande de estos mapas. En cuanto a paisajes describe únicamente las planicies aluviales y terrazas, no especifica los subpaisajes. EL Mapa de suelos es preliminar y en conclusión el aporte fue muy bajo.

● El Mapa de zonas Agroecológicas escala 1:500000 existente en Corpoica-Agrosistemas. Tiene como aporte en cuanto a la especificación de las características generales de los suelos.

FASE 2. ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS DE LABORATORIO DE LAS 90 MUESTRAS DE SUELO OBTENIDAS EN LOS MUNICIPIOS DE PUTUMAYO

Las muestras están distribuidas por Municipio de la siguiente manera: 30 muestras del municipio de Puerto Guzmán, 18 muestras del municipio de Villagarzón, 18 muestras del municipio de Puerto Caicedo y 24 muestras del municipio de Puerto Asís. (Cuadro 1)

CUADRO 1. Descripción por municipio, número muestra²⁷, vereda y finca, referente a los sitios donde se tomaron las muestras de suelos

Municipio	No Muestra	Vereda	Predio
Puerto Guzmán	PG1	Santa Lucía	La Siberia
	PG2	Puerto Rosano	El Rubí
	PG3	El Bombón	La Misericordia
	PG4	La Isla	La Esperanza
	PG5	Monzerrate	Villa Hermosa
Villagarzón	VG1	Guineo	Brisas del Guineo
	VG2	Diamante	Concepción
	VG3	Islandia	Campo Alegre
Puerto Caicedo	PC1	El Bagre	Peña Colorada
	PC2	Maracaibo	Primavera
	PC3	Pinuño Blanco	Campo Alegre
Puerto Asís	PA1	Brisas del Hong Kong	Veneçia
	PA2	Santana	Guaduales
	PA3	Puerto La Unión	Recreo
	PA4	Sardina Mansoyá	Delirio

Nota: Por sitio (Predio) se recolectaron 6 muestras

FASE 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - QUÍMICAS DEL SUELO.

Las 90 muestras de suelos son interpretadas con base en la tabla de interpretación: "Consideraciones generales para interpretar análisis de suelos Elaborada por el Laboratorio de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y la tabla diseñada por el laboratorio de suelos de Corpoica denominada "Interpretación de resultados", y algunos datos no evaluados en ninguna de las dos tablas se interpretaron con base la tabla No 59 denominada "Tabla General de interpretación de Análisis químicos", reportada en el libro "Levantamientos

²⁷ Por predio se recolectaron seis (6) muestras.

Agrológicos y sus aplicaciones Múltiples" de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. La interpretación de elementos menores como Hierro, Boro, Cobre, Manganeso, Zinc y Azufre fue hecha de acuerdo al laboratorio de suelos de Corpoica. En las interpretaciones de Capacidad de intercambio Catiónico, pH, Cationes de cambio, Bases totales y salinidad, se realizaron con base en la tabla descrita en el libro "Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples", teniendo en cuenta que esta interpretación es más específica.

Profundidad efectiva

Se refiere a la profundidad a que pueden llegar las raíces de las plantas dentro de las capas u horizontes que presenta el perfil del suelo sin que sean afectadas por una barrera física o química. Dentro de este criterio de acuerdo con la escala convencional se evidencia que estos suelos son superficiales, en razón de que la mayor parte de las raíces absorbentes están confinadas en la primera capa, en las vegas oscila entre ocho y veinte centímetros y en las terrazas entre cinco y veinticinco centímetros. Mientras que en un suelo profundo varía entre uno y dos metros.

Textura y distribución de las partículas por tamaño

La composición mecánica o textura del suelo hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran las partículas de arena, limo y arcilla, proporcionando criterios para el manejo y conservación de suelos dentro de las actividades de los sistemas de producción agropecuarios y/o forestales. De acuerdo con lo establecido por USDA(1975) la distribución de partículas de tamaño dentro de la fracción de nominada tierra fina se fijaron por los diámetros de las partículas los siguientes rangos: arena entre 2mm y 0.02 mm, limo 0.02 y 0.002mm y arcilla o partículas coloidales menores de 0.002 mm ó micrones. La denominación coloidal hace referencia a las partículas coloidales que tiene un tamaño intermedio entre las que son visibles bajo el microscopio óptico y las que no lo son.

El análisis de textura de las muestras de suelo de vega, indica que en la primera capa u horizonte estas varían entre Franco a Franco - arcillo limoso, con predominio de los Franco-limoso, es decir que la fracción limo representa un alto porcentaje de las partículas del suelo, en tanto que las fracciones arena y arcilla tienen valores relativamente mas bajos. En la segunda profundidad, también variable se registra una tendencia a incrementar los valores de arena y disminuir las partículas de arcilla.

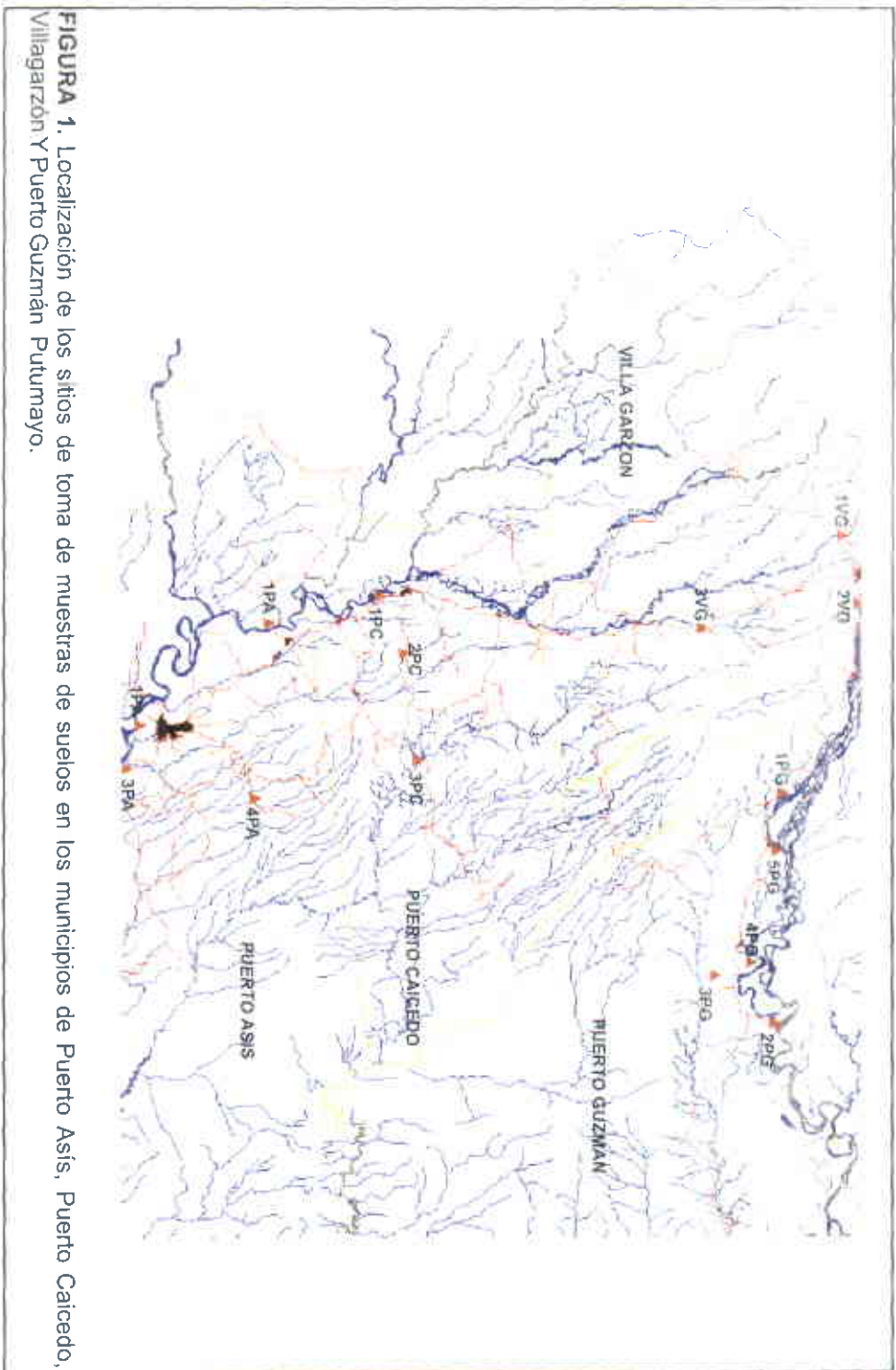


FIGURA 1. Localización de los sitios de toma de muestras de suelos en los municipios de Puerto Asís, Puerto Caicedo, Villagarzón Y Puerto Guzmán Putumayo.

En los suelos de terraza la textura varía de Franco para Franco-arcillosa y Arcillosa indicando un mayor contenido de arcilla y en varios de esos suelos esta fracción se incrementa en el segundo horizonte. Algunos estudios han reconocido que la textura influye indirectamente sobre el crecimiento y productividad de las plantas, encontrándose ciertas relaciones como por ejemplo, especies cultivadas en suelos arenosos con bajos requerimientos de humedad y nutrientes, pero de menor productividad. En el extremo opuesto están los suelos arcillo-limosos, con alta tendencia a la compactación, soportando especies vegetales que demandan mayor humedad y nutrientes. Esa deficiencia en partículas gruesas afecta negativamente la difusión de los gases y la infiltración del agua y la mineralización de la materia orgánica entre otros, siendo necesario cultivar estas áreas con especies leñosas que emitan raíces generadoras de suficiente presión para penetrar las capas compactas, tal interacción produce modificaciones en ambos componentes (suelo-especie vegetal)

Reacción del suelo

El equilibrio base en suspensiones coloidales acuosas merece especial atención en el estudio del manejo y conservación de los suelos tropicales. La acidez intercambiable es aquella ocasionada por iones de Al-monomérico y es igual a la que puede ser reemplazada por una sal neutra, como KCl. Los principios que se aplican son los mismos del equilibrio iónico. Dado el alto número de cambios electroquímicos que ocurren, estos se deben calcular a través de procedimientos matemáticos. El pH es una propiedad que influye sobre las propiedades mineralógicas, biofísicas y electroquímicas de los suelos. En cierta manera la reacción del suelo es un indicador de importantes condiciones del sistema edáfico y del desarrollo de las especies vegetales cultivadas. El pH es una medida directa de la concentración de los iones hidronio (H_3O^+) en la solución del suelo y se expresa en potencias negativas de 10, pero para facilitar la expresión se define en términos de: $pH = -\log (H_3O^+)$. Se puede considerar que la acidez total está compuesta por la acidez actual o activa y la acidez potencial o de reserva cuando la acidez activa o el pH del suelo se determina en solución solo se mide la concentración de iones H^+ y O^- que se encuentran en equilibrio pero no los que se encuentran débilmente unidos a los coloides. La siguiente ecuación química ilustra la reacción:



cuando el pH se mide en solución de Cl_2C_6 se intercambian aquellos hidrógenos débilmente retenidos por los coloides con el calcio y el resultado es una mayor concentración. La ecuación química a continuación señala la reacción.



En general de acuerdo con la escala convencional de pH los suelos se clasifican desde extremadamente ácidos hasta extremadamente alcalino. La diferencia entre

el pH en Cl_2C_3 , pH H_2O da como resultado el pH, que representa la carga líquida del suelo.

De manera general se observa que los suelos de las vegas presentan valores que oscilan entre 5 y 5,9; en tanto que los de las terrazas son inferiores a 5 hasta un límite inferior de 4. El pH_{CaCl} presenta valores más bajos que el medio en agua por las razones expuestas inicialmente. Los valores de carga líquida negativa (pH) presentan la tendencia a ser mayores en la segunda y cada u horizonte. Es muy probable que los suelos con altos valores de esta propiedad presenten mayores niveles de compactación. Desde el punto de vista de la interrelación acidez del suelo-desarrollo y producción de las especies cultivadas, es necesario considerar la tolerancia de los materiales vegetales a condiciones ácidas en lugar de pensar en artificializar el suelo mediante altas aplicaciones de correctivos y fertilizantes químicos para suplir las necesidades nutricionales de las plantas cultivadas.

Capacidad de intercambio Catiónico

La existencia de cargas electrostáticas en la superficie de las partículas coloidales del suelo, es la responsable de las reacciones de naturaleza físico - electro - químicas que ocurren en el sistema edáfico. Se ha reconocido que los coloides del suelo tienen un carácter anfótero evidenciado por su poder de retención de cationes y aniones debido a las cargas negativas y positivas libres en sus micelas, pudiendo estos iones ser intercambiados por electrolitos que se encuentran en la solución del suelo originándose así el intercambio del fenómeno iónico. Las arcillas, los hidróxidos y la materia orgánica humificada funcionan como intercambiadores. En condiciones del trópico cálido húmedo los intensos procesos de intemperismo (relación entre la intensidad del agente y la susceptibilidad termodinámica del material) ha dado como resultado una fracción granulométrica constituida por arcillas de retículo 1:1 caolinita - ilita, óxido de hierro, aluminio, manganeso además de materia orgánica humificada. Por consiguiente la influencia de la composición orgánico - mineral de estos suelos en las propiedades biofísicas y electroquímicas es muy diferente a las de los suelos de las regiones templadas.

Existen diferentes tipos de cargas electrostáticas en el complejo de las partículas coloidales del suelo. Cargas negativas denominadas permanentes, se originan a través del intercambio isomorfo de Al^{3+} X Si^{2+} en los tetraedros (ilita) y Mg^{2+} X Al^{3+} en tetraedros y octaedros (vermiculita - clorita). A mayor intercambio isomorfo mayor es la carga y la capacidad de cambio. Además se presentan cargas de algunos grupos funcionales localizados en la superficie de las moléculas de materia orgánica, algunos óxidos y minerales arcillosos ubicados en los extremos libres o laminas rotas (Si-OH ó Al-OH), lo mismo que en superficies planas externas (O-OH). Estos grupos presentan por encima de su punto.

isoeléctrico cargas negativas por debajo, cargas positivas, absorbiendo cationes y aniones respectivamente.

En los minerales de relación 2:1 la carga negativa es uniforme en la superficie de la partícula porque proviene de las sustitución isomorfica. En los de relación 1:1 la carga negativa proviene de los grupos OH ionizados y la carga se manifiesta solo en el punto ionizado. Además y la carga se manifiesta solo en el punto ionizado. Además del numero de cargas electronegativas y electropositivas respectivamente, se encuentran en la denominada "doble capa eléctrica difusa" ó "enjambre ionico" rodeando a la micela. La fase sólida con exceso de electrones y la fase líquida o capa con carga positiva que la contraresta. Doble porque hay partícula y difusa porque la concentración de iones es mayor cerca de la superficie es de micela y disminuye con la distancia a ella. Los iones del enjambre están rodeados de moléculas de agua y a este se denomina "solución micelas". Tales reacciones y/o procesos están relacionados con el manejo de suelos y por lo tanto el conocimiento de estos procesos son de suma importancia para la nutrición vegetal, uso, manejo y conservación de los suelos tropicales.

Se considera una buena parte de que la fertilidad del suelo esta en su capacidad de retener iones de cambio y así evitar su pérdida por lixiviación, habiéndose fijado un límite inferior de 4 miliequivalentes por 100 gramos de suelo, por debajo del cual se ocasionaría pérdidas importantes de nutrientes. Los valores de la capacidad de intercambio Catiónico, se observa una tendencia en los suelos de vegas a tener un mayor valor en superficie, seguramente en concordancia con los mayores contenidos de materia orgánica. Lo contrario sucede con los suelos de terraza donde los mayores valores corresponden a la segunda capa u horizonte, debido al incremento de arcilla en profundidad. Los suelos con menores valores se presentan en el municipio de villagarzón.

La tolerancia a niveles críticos de saturación de aluminio es un criterio importante dentro de las estrategias del desarrollo agrícola de los suelos ácidos. Se considera que el aluminio más tóxico para las plantas se presenta a pH 4.5 bajo la forma hidrolítica $Al(OH)^{+3}$. No obstante se acepta que ningún valor específico de concentración de aluminio es adecuado para definir niveles tóxicos en todos los suelos y en todos los cultivos. En general existe toda una gama de tolerancia al Al entre las especies vegetales, a niveles de variedades y clones siendo necesario estudios de selección a nivel de ecotipos. La mayores concentraciones y saturaciones de Aluminio se presentan en los suelos de terraza (30% al 75%) indistintamente de la localidad donde se encuentran. Estas áreas en primera instancia presentarían esta alerta como zonas potenciales para el cultivo de camu - camu (*Myrciaria dubia*), hasta que se establezcan niveles de tolerancia a este elemento catalogado como tóxico para varias especies vegetales.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se entiende como la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica. La unidad empleada es el Siemens/m y se denota

por los símbolos Sm^{-1} , equivale a $10 \text{ hm}^{-1} = 1^{-1} = 1 \text{ voltio/amperio} = \text{VA}^{-1} \text{ ds/m}$ equivale a la décima parte de la unidad, es función del contenido de humedad y de la concentración de las sales.

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye un componente importante en la fertilidad del mismo y consecuentemente en su productividad. El proceso de su distribución en el perfil del suelo depende del modo como se adiciona el material orgánico. Suelos de bosque natural donde la mayor cantidad de material orgánico es encontrado en la superficie, porque la contribución de la biomasa aérea que cae y se descompone es mayor que la de las raíces, presentan mayores porcentajes de materia orgánica en el horizonte superficial, decreciendo bruscamente en las siguientes capas a través de las raíces, los cambios en la concentración de materia orgánica en las capas u horizonte son menos bruscos y su decrecimiento es más gradual, es decir, presentan abruptos cambios entre el horizonte superficial y la segunda capa, lo que evidencia la influencia de la cubierta boscosa en los procesos de formación de estos suelos. de manera general, los valores más elevados de materia, corresponden con los suelos que presentan mayor contenido de arcilla. En estos suelos probablemente la aireación es diferente, perjudicando la descomposición de los materiales orgánicos, debido seguramente a una baja acción de los microorganismos encargados de la oxidación de tales materiales. Situación contraria se observa en los valores obtenidos en suelos con mayores contenidos de la fracción arena.

Nitrógeno

En general la distribución del nitrógeno en el perfil del suelo varía de acuerdo con las concentraciones del material orgánico. Las principales formas de nitrógeno disponible para las plantas en el suelo son la amoniacal y la nítrica que aparecen en los procesos de mineralización de los compuestos orgánicos. La amonificación es efectuada por diversidad de microorganismos, mientras que la nitrificación es realizada por microorganismos específicos (bacterias nitrificantes) que requieren de condiciones adecuadas para el proceso. El amonio presenta la tendencia a ser mayor en superficie, en tanto que para el nitrato no están definidas. Estos patrones de distribución en el perfil del suelo indican que en estas condiciones de alta humedad prevalecientes en la región, muy seguramente los contenidos de nitrógeno que se encuentran en el segundo horizonte tienen altas posibilidades de no ser aprovechados por las raíces absorbentes de las plantas en razón a estas raíces se encuentran principalmente en el primer horizonte.

Azufre

La principal forma de azufre asimilable es la del radical SO_4^{-} contenido en el suelo y que está equilibrado con el azufre orgánico. No se conocen los niveles críticos

del $S-SO_4^{2-}$ de los suelos para clasificarlos como pobres, medios o altos. Los contenidos de azufre disponibles en los suelos de los 4 municipios indica que las mayores concentraciones las presentan las vegas del río Caquetá en Puerto Guzmán. También se nota que los valores mas altos corresponden a las muestras superficiales de donde se tiene mayor concentración de la materia orgánica y mejor aireación favoreciéndose así la mineralización del azufre orgánico y consecuentemente su disponibilidad. Los máximos valores oscilan alrededor de 21 kg. Y los mínimos entre 3 y 4 mg/kg.

Fósforo

El fósforo disponible en el suelo se origina de la solubilización de minerales fosfatados y de la mineralización de la materia orgánica. Es difícil tener patrones de fósforo disponibles para todos los tipos de suelo, sin embargo, se han hecho algunas aproximaciones de orden general denominado como bajo concentraciones menores de 10 mg/kg, medio entre 10 y 30 mg/kg y alto para los mayores de 30mg/kg. Los valores determinados en las muestras del suelo colectadas en los 4 municipios observándose que los valores mas elevados corresponden a los suelos de la vegas inundables del río Caquetá en Puerto Guzmán, a los sitios Brisas Hong Kong y la Unión en Puerto Asís, el Bagre en puerto Caicedo y el Diamante en Villagarzón.

Bases intercambiables

Los cationes de cambio se expresan en cantidades por kilogramo suelo. La suma de los cationes Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+2} y Na^{+2} y en menor cantidad NH^4 , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Cu^{+2} , Z^{+2} constituyen las bases intercambiables. La interpretación general en relación con la fertilidad del suelo de acuerdo con diferentes experiencias indican lo siguiente: el calcio es bajo cuando es menor de 3 $cmol^+kg$ de suelo, medio de 3 a 6 y alto mayor de 6. Para el magnesio el limite bajo son los menores de 1.5, de 1.5 a 2.5 medio y alto mayores de 2.5. Para el potasio lo bajo seria menor de 0.2, medio de 0.2 a 0.4 y alto mayor de 0.4. Las relaciones normales estarían en su orden $Ca, Mg, K = 3/1/0.25$. Sin embargo, estos criterios no son estrictamente aplicables a los suelos ácidos y a las especies no convencionales que se están domesticando y cultivando, puesto que ellas tienen la habilidad o aptitud para crecer y producir rendimientos adecuados bajo estas condiciones.

Los valores de las bases intercambiables, se observa que los suelos de las vegas tienen unos relativos altos contenidos, con tendencia a encontrar mayores valores en superficie y una disminución en el segundo horizonte principalmente de calcio, en tanto que el magnesio y el potasio están aun nivel bajo.

FASE 4. DETERMINACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS PERFILES DE SUELO

Teniendo en cuenta la importancia del nivel de fertilidad de los suelos como un índice utilizado en diferentes sistemas de clasificación de tierras, en cuanto a capacidad de uso y manejo se procedió a realizar la evaluación de las muestras para el cálculo de la fertilidad utilizando la metodología establecida por el IGAC en 1985, la cual evalúa el estado químico del suelo. Para el cálculo de fertilidad de los análisis químicos de las muestras se tuvieron en cuenta las propiedades químicas por perfil y luego se interpretaron los resultados para cada parámetro y se asignaron con base en rangos, los grados de disponibilidad de nutrientes en el suelo, estos rangos y grados están establecidos en tablas y se siguió la metodología como se explica detenidamente.

Los parámetros que se tienen en cuenta son: Reacción del suelo (pH), saturación de Aluminio, Capacidad de Intercambio Catiónico, Bases intercambiables, Carbón Orgánico, Fósforo y Potasio. Estas propiedades del suelo, individuales e integralmente son importantes, para determinar en que estado de fertilidad se encuentra el suelo. Para el cálculo de la fertilidad en general según la metodología se consideran los 50 cm superficiales del suelo, el valor de la fertilidad de los primeros 25 cm (F1) tiene un peso del 70% de la fertilidad total del suelo y el valor de la fertilidad entre 25 y 50 cm (F2) tiene un valor de 30%, con el objeto de ajustar los valores de cada una de las propiedades químicas y físicas importantes para el cálculo de la fertilidad de los suelos y se llevan a una escala de 0 a 10, la fórmula general es multiplicar la suma de $0.7F1 + 0.3F2$ por la constante 0.285

$$Ft = (0.7F1 + 0.3F2) \cdot 0.285$$

El valor F1 correspondió a la sumatoria del puntaje obtenido al evaluar cada propiedad en los primeros 25 cm; del mismo modo, F2 corresponde al puntaje obtenido entre 25 y 50 cm. Los puntajes se obtienen de la tabla teniendo en cuenta la interpretación de los parámetros se asigna a cada propiedad con un puntaje de 1 a 5, correspondiendo el valor mayor a la condición óptima.

Si en los rangos de profundidad ocurren varios horizontes, se debe calcular la fertilidad de cada uno de ellos ponderando, respecto al espesor del horizonte subsiguiente. El valor que se obtiene del cálculo de fertilidad (Ft) corresponde a la fertilidad calculada del suelo hasta 50 cm de profundidad que debe ser comparada con los rangos de apreciación que aparecen en la tabla para su correspondiente apreciación. Para los cálculos de fertilidad en este estudio, se tuvo en cuenta únicamente los primeros 25 cm teniendo en cuenta la información existente.

FASE 5. CON BASE EN MAPAS EXISTENTES DE PAISAJES O DE SUELOS ESPACIALIZAR UN MAPA APROXIMADO DEL ÁREA DE CUBRIMIENTO DE LAS MUESTRAS O MAPA DE SUELOS ESCALA 1:200.000.

Al tomar como fuente principal el mapa preliminar de suelos existente, se tuvo en cuenta que hay una estrecha correlación entre el aspecto fisiográfico y la distribución de los suelos. En el documento se presenta información de perfiles modales en cada uno de los paisajes. Se procedió a digitalizar en software ILWIS 2.1, el mapa de la zona donde se localizan las unidades fisiográficas a escala 1:200.000 y se georreferenciaron los puntos de muestreo; para la digitalización se tuvo en cuenta el mapa base existente en agroecosistemas, con el fin de precisar las unidades fisiográficas y no tener inconvenientes de desfases o desajustes, sobre todo en las zonas aluviales. En el segundo paso de esta actividad, se poligonizó el mapa, asignando con nombres o representando cada uno de las unidades fisiográficas con un determinado símbolo para cada unidad, por ejemplo de unidad con símbolo A11, pertenece a un paisaje aluvial de subpaisaje de vega frecuentemente inundable, como se muestra en el mapa original.

FASE 6. ANÁLISIS, ASOCIACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y ESPACIALIZACIÓN DEL CUBRIMIENTO DE LAS MUESTRAS.

Como se referencia anteriormente, hay una estrecha correlación entre el aspecto fisiográfico y la distribución de los suelos, se toma como base las unidades fisiográficas del mapa en referencia y sobre el se localizan los puntos de muestreo. Para describir el área de cubrimiento y la asociación de las muestras se toma como referencia los subpaisajes, donde se cruzan los puntos de muestreo y al mapa fisiográfico, representados con su respectivo símbolo; las unidades que no presentan muestras de suelos, se toma como referencia, para la descripción de estas unidades, el perfil más acorde a la zona, por localización, número de fotografía y paisaje al cual pertenece, del estudio existente y mencionado anteriormente. Se obtiene el mapa de **“Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio”**, a escala 1:200.000, y se crea la respectiva leyenda donde se registra las características más relevantes por unidad.

Los puntos de muestreo en su mayoría están ubicados en el paisaje aluvial y definen claramente las vegas frecuentemente inundables, y determinan un área de influencia, los otros puntos restantes se distribuyen en las terrazas. y en el paisaje de altillanura fuertemente disectada y asignan cada una un área de influencia según el paisaje, como se describe en la siguiente Cuadro2:

En las vegas frecuentemente inundables se realizó un análisis más específico teniendo en cuenta las características físicas como textura, pH, porcentaje de Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico y el grado de Fertilidad de los suelos en general. Se determinaron tres clases de suelos, por diferencias entre las vegas del río Putumayo, y las vegas del río Caquetá. De igual forma la fertilidad alta corresponde a las vegas del río Caquetá.

CUADRO 2. Unidades Fisiográficas y sitio de muestreo.

UNIDADES FISIOGRAFICAS		NUMERO DE SITIO DE MUESTREO
Paisaje	Subpaisaje	
Aluvial	Vega inundable frecuentemente	PG1, PG2, PG4, PG5, PA1, PA2, PC1, VG2
	Vega inundable ocasionalmente	Ninguna
	Terraza reciente	PG3
	Terraza subreciente	VG1
Atilanura	Nivel intermedio moderadamente disectada	Ninguna
	Nivel intermedio Muy fuertemente disectada	PC2, PC3, PA2, PA4
	Valle estrecho coluvio aluvial	VG3

En las vegas frecuentemente inundables se realizó un análisis más específico teniendo en cuenta las características físicas como textura, pH, porcentaje de Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico y el grado de Fertilidad de los suelos en general. Se determinaron tres clases de suelos, por diferencias entre las vegas del río Putumayo, y las vegas del río Caquetá. De igual forma la fertilidad alta corresponde a las vegas del río Caquetá. Con base en el anterior análisis se diferencian las zonas de influencia del paisaje aluvial de vegas, adicionando una letra al símbolo de unidad de paisaje, ejemplo A11G, pertenece a un paisaje aluvial, de subpaisaje vega frecuentemente inundable de la zona de Puerto Guzmán.

FASE 7. ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

Con base en mapa elaborado de "Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio", a escala 1:200.000, realizado en la fase 5 y en la fase 6, se procede a realizar los mapas temáticos de: fertilidad, materia orgánica, reacción del suelo, saturación de aluminio, capacidad de intercambio catiónico y elementos menores.

FASE 8. EDICIÓN DE MAPAS Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

Una vez elaborados todos los mapas se procede a realizar la parte de edición, teniendo en cuenta la claridad en la información, sin omitir ningún detalle, con el objeto de agilizar la ubicación de cualquier unidad dentro de un marco general asignado para ello las respectivas convenciones. Todos estos procedimientos se realizan en ILWIS 2.1. El producto es el mapa de "Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio" a escala 1:200.000, con la leyenda donde se describen las características más relevantes de los suelos se edita y plotea. Cinco mapas temáticos, se realizan, con su respectiva leyenda donde se muestra la distribución de las características más relevantes del suelo.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis e interpretación de las muestras tomadas en campo, su respectiva distribución en el área de influencia y la información general de suelos de cada unidad de paisaje o unidades fisiográficas, da como resultado que la zona tiene dos paisajes: Paisaje aluvial y de Atilanura, cada uno de los

cuales tiene su respectiva división por subpaisajes, el paisaje aluvial tiene vegas frecuente y ocasionalmente inundables y las altillanuras con subpaisajes de acuerdo a la intensidad de las disecciones. Para la mejor presentación del presente documento se hace una descripción general de los suelos, en cada una de las Unidades fisiográficas y el área de influencia que se relacionan con las interpretaciones del sitio de muestreo. Para las Unidades fisiográficas que no tienen una muestra representativa se toma como base los descritos en el Estudio Preliminar de suelos que sirve como guía para el delineamiento de estos, como se explica en la fase 6 en la metodología. Posteriormente se realiza una descripción del análisis de las muestras de suelos, por municipio y por unidad fisiográfica donde se localizan los sitios de muestreo, con base en la interpretación respectiva de cada sitio y se presenta los análisis físico - químicos y los datos de fertilidad con el símbolo que las representa en el mapa.

En general todos los suelos presentan una profundidad efectiva de profunda a moderadamente profunda, ninguna unidad presenta salinidad, en el mapa de "Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio "; a escala 1:200 000, con su respectiva leyenda, donde se registran las características más relevantes de las unidades fisiográficas por análisis en el sitio de muestreo y por aportes del estudio que se complementó (Ver Mapa 2 y leyenda adjunta)

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SUELOS POR UNIDAD FISIOGRÁFICA

La siguiente descripción de paisajes se realizó teniendo en cuenta el aporte del "Estudio preliminar de suelos y Bosques del proyecto de Colonización de Caquetá - Putumayo parte II" y el análisis de los sitios de muestreo. Se realiza con el fin de dar un aporte muy general a la descripción de los sitios de toma de muestra.

PAISAJE ALUVIAL

Las partes altas de los ríos llevan mucho material grueso que se va depositando a medida que disminuye el gradiente hacia la planicie y se transforman en ríos meandricos, se forman diferentes subpaisajes como bancos de arena, vegas y terrazas.

Playones y bancos de arena (A0)

Son depósitos aluviales de arenas y cantos rodados, que desaparecen en las crecidas de los ríos, son cubiertos por agua simplemente se trasladan a otros sitio, no tienen ninguna utilización económica, por tal razón no tienen descripción de suelos y se presentan a lo largo del río Putumayo.

Vegas Inundables frecuentemente (A11)

Son vegas bajas que frecuentemente permanecen inundadas, presentan un nivel freático alto cuando crecen los ríos constituidos por deposiciones recientes de arenas arcillas y limos. Hay acumulación de diferentes sedimentos tanto aluviales como eólicos, se representada en muchos horizontes la diferencia en texturas.

Presentan relieve plano o ligeramente ondulado, pendientes entre 0 -3% drenaje natural pobre a moderadamente drenado, profundidad efectiva moderadamente profunda a profunda. El uso en su mayoría presenta cultivos, aunque en algunos sitios estén abandonados en este momento. Los suelos en su mayoría son de pH ligeramente ácidos y ácidos, presentan texturas francas, la capacidad de intercambio Catiónico es media a baja, la saturación de bases es muy alta, no tienen ningún problema por saturación de aluminio.

Vegas inundables ocasionalmente (A12)

Son vegas altas no inundables y ocasionalmente, presentan un drenaje natural moderadamente bien drenados, con pendientes de 0 -1%, profundidad efectiva profunda. Con texturas franco arenosas en los primeros 36 centímetros y arcillosas de esta profundidad en adelante, la reacción es muy ácida en los primeros dos horizontes y ácida en profundidad, la saturación de bases es baja y la capacidad de intercambio Catiónico media en los primeros horizontes y últimos horizontes y baja en los segundos. La saturación de aluminio es muy alta limitando el uso solo para cultivos que resistan la toxicidad por Aluminio.

Terrazas resientes (A41)

Se presenta en las márgenes del río Putumayo y Caquetá y sus afluentes, taludes de 5-10 metros con pendientes entre 0-3% y 3-7%, con drenaje natural que varía de moderadamente bien a imperfectamente drenados, de profundidad efectiva profundos a muy profundos. Los suelos más frecuentes presentan texturas en superficie franco arcillo arenosas a franco arenosas y en profundidad dominan las franco arcillo arenosas, la reacción en superficie es muy ácida y ligeramente ácida en profundidad, saturación de bases baja a muy baja en general, la capacidad de intercambio Catiónico en general de media a alta.

Terrazas subsesientes (A42)

Al igual que las terrazas resientes se presentan en las márgenes del río Putumayo y Caquetá y sus afluentes, con pendientes entre 0-3% y 3-7%, con taludes hasta del 100%, con drenaje natural que varía de imperfecto a bien drenados de profundidad efectiva profundos a muy profundos. Los suelos en la parte alta del río Putumayo presentan texturas francas a franco-arcillosas en los primeros 40 centímetros y en profundidad arcillosas, la reacción de pH es ácida a ligeramente ácida y predomina esta última en profundidad, la saturación de bases alta en los primeros horizontes y media en profundidad, del mismo modo se comporta la capacidad de intercambio Catiónico, la saturación de aluminio es limitante para cultivos moderadamente tolerantes. A medida que se alejan del piedemonte presentan suelos de profundidad efectiva de superficiales a muy profundos, texturas franco arenosas a franco arcillosas en los primeros 50 centímetros y francas a arcillosas en profundidad, reacción ácida a ligeramente ácida, saturación de bases baja, capacidad de intercambio catiónico de baja a media, saturación de aluminio alta.

PAISAJE DE ALTILLANURA

Altillanura de nivel intermedio moderadamente disectada (P22)

Sé caracteriza por tener una disección moderada, las pendientes varían de 7-12 y de 12 a 25 %, presentan drenaje moderadamente bien drenado a bien drenados. En general son suelos moderadamente profundos, de texturas gruesas a medias (franco arcillo arenosa y franco arenosa), tienen un drenaje natural moderadamente rápido y un drenaje interno lento. Son suelos muy ácidos, con una saturación de Aluminio alta que se incrementa en profundidad. El porcentaje de carbono es bajo y decrece aún más en profundidad, el contenido de fósforo es bajo, y decrece más en profundidad; La capacidad de intercambio catiónica es baja.

Altillanura de nivel intermedio muy fuertemente disectada (P24)

Por tener fuerte disección da un paisaje con aspecto de colinas o lomerío, pendientes entre 7-12 a 12-25%, el drenaje varía de bien a moderadamente bien drenado. Son suelos moderadamente profundos, de texturas gruesas a medias (franco arcillo arenosa y franco arenosa), tienen un drenaje natural moderadamente rápido y un drenaje interno lento. Son suelos muy ácidos, con una saturación de Aluminio alta que se incrementa en profundidad. El porcentaje de carbono es bajo y decrece aún más en profundidad, el contenido de fósforo es bajo, y decrece más en profundidad; La capacidad de intercambio catiónica es baja.

DESCRIPCION DE UNIDADES DE SUELOS POR MUNICIPIO Y POR SITIOS DE MUESTREO EN EL PAISAJE

MUNICIPIO DE PUERTO ASIS

Los suelos de esta zona fisiográficamente pertenecen a paisajes aluviales y de altillanura: los sitios 1 y 3, se localizan en las vegas con una ocurrencia frecuente de inundabilidad; los sitios 3 y 4 pertenecen al paisaje de altillanura nivel intermedio muy fuertemente disectadas. La siguiente es la descripción de los suelos según el paisaje:

PAISAJES ALUVIALES

Vegas frecuentemente Inundables

Para esta área del sitio 1 (Brisas de Hong k) los análisis químicos presentan los siguientes resultados: texturas franco arcillo limosa en el primer horizonte y franco limosas en el segundo; la saturación de bases muy alta y la Capacidad de intercambio catiónico es muy baja, el pH en el primer horizonte es ácido y en el segundo ligeramente ácido. El nivel de Materia Orgánica en el primer horizonte es media y en el segundo bajo, de igual manera se presenta en el carbono Orgánico pero disminuye en el segundo horizonte a un nivel muy bajo, los contenidos en

Nitrógeno total se manifiestan bajos en el primer horizonte y medios en el segundo. , En la relación calcio/ magnesio se presenta una ligera deficiencia en Magnesio, la relación calcio /potasio no es ideal se puede decir que manifiesta una deficiencia en potasio y la relación magnesio/potasio es no ideal por ligera deficiencia en potasio. En cuanto a elementos menores el comportamiento de Boro, Cobre, Magnesio, y Zinc es alto, y el azufre es bajo. El hierro se presenta en el primer horizonte de alto a medio y en el segundo de medio a bajo. El nivel de fertilidad de estos suelos es bajo. No tienen problemas de saturación de Aluminio aptas para cualquier cultivo.

En el sitio 3 (La Unión), texturas franco arcillo limosa en el primer horizonte y franco limosas en el segundo; la saturación de bases muy alta y la Capacidad de intercambio catiónico es de bajo, el pH en el primer horizonte es ácido y en el segundo de ácidos a ligeramente ácido. La Materia Orgánica es baja, el carbono Orgánico de bajo a muy bajo, los contenidos en Nitrógeno total son bajo a muy bajo. La CIC es baja, el fósforo es alto, en la relación calcio/ magnesio se presenta una ligera deficiencia en Magnesio, la relación calcio /potasio manifiesta una deficiencia en potasio y la relación magnesio/potasio es no ideal. Los elementos menores como de hierro, Boro, Cobre, Magnesio, y Zinc es alto, el azufre de medio a bajo. No presentan problemas de saturación de Aluminio, aptos para cualquier cultivo, aunque presenten en general una fertilidad baja a muy baja, se requiere de fertilización adicional, para el buen desarrollo de cultivos.

PAISAJE DE ALTILLANURA

Nivel Intermedio muy fuertemente disectada

En el sitio 2 (Sardina), se presentan texturas franco arcillo limosa, saturación de bases muy alta y la Capacidad de intercambio catiónico es muy baja, el pH es ácido; los contenidos de Materia Orgánica alta a media, el carbono Orgánico de alto a bajo, los contenidos en Nitrógeno total son de medios a bajos. La CIC es muy baja, el fósforo es bajo, en la relación calcio/ magnesio se presenta una ligera deficiencia en Magnesio, la relación calcio /potasio manifiesta como no ideal por ligera deficiencia en potasio y la relación magnesio/potasio es no ideal, por ligera deficiencia en potasio. Los elementos menores como de Hierro, Boro, Cobre, Magnesio, y Zinc es alto, el azufre bajo. Presentan problemas de saturación de Aluminio, los perfiles PA25 y PA26 porque son limitantes para cultivos tolerantes, no se presenta ninguna unidad con niveles tóxicos para los cultivos y presentan fertilidad es muy baja. En el sitio 4 (Santa Ana), con texturas franco arcillo limosa, saturación de bases primer horizonte alta a media y segundo mediana a baja, Capacidad de intercambio catiónico baja, el pH es ácido; los contenidos de Materia Orgánica alta a media, el carbono Orgánico de alto a bajo, los contenidos en Nitrógeno total son de medios a bajos. La CIC es muy baja, el fósforo es bajo, en la relación calcio/ magnesio se presenta como una relación ideal, la relación calcio /potasio manifiesta como no ideal por ligera deficiencia en potasio y la relación magnesio/potasio es no ideal, por ligera deficiencia en Magnesio. Los elementos menores como de Hierro, Boro, Cobre, Magnesio, y Zinc es alto, el azufre medio. Presentan problemas de saturación de Aluminio.

Son limitantes para cultivos tolerantes y en el cálculo de la fertilidad presentan en general una fertilidad baja a muy baja.

MUNICIPIO DE PUERTO CAICEDO

Los suelos de este municipio corresponden a paisaje aluvial en una vega inundable, en el sitio 1 (El Bagre) y los sitios 2 (Maracaibo) y 3 (Piñones), pertenecen a la altillanura fuertemente disectadas. Se describe a continuación los suelos según el paisaje:

PAISAJES ALUVIALES

Vegas frecuentemente Inundables

Los análisis químicos para el sitio 1 (El Bagre), presentan suelos ligeramente ácidos, texturas Franco limosas, contenido de fósforo alto, Capacidad de intercambio catiónico baja a muy baja, contenidos de materia Orgánica en los primeros horizontes media y muy en el segundo horizonte, el Nitrógeno Total es medio en los primeros horizontes y muy bajo en los segundos al igual que la materia orgánica, el contenido de Ca, Mg, Na bajo y K muy bajo. Los elementos menores como el Hierro, Cobre, Boro, son altos y el Zinc y Azufre son bajos, el Manganeso de alto a medio. En las relaciones Ca/Mg y Ca/K se presenta ligera deficiencia en Mg y en K, la relación Ca/K no es ideal en estos suelos, se puede decir que es ligeramente deficiente en potasio. Los niveles de fertilidad son bajos.

PAISAJE DE ALTILLANURA

Nivel intermedio muy fuertemente disectada

Las muestras del sitio 2 (Maracaibo) y 3 (Piñones), son suelos de reacción muy ácida, sus texturas son Francas a Franco Arcillosas, la CIC es baja lo mismo que son bajos los contenidos en fósforo y Sodio, presenta muy baja saturación de bases totales, el contenido de la materia orgánica es alto. Los elementos menores como el hierro y Boro es alto, el Cobre es medio a bajo y el Manganeso y Zinc son muy bajos, las Relaciones Ca/Mg no son ideales para el primer horizonte y sí para el segundo. En la relación Ca/K es no ideal por ligera deficiencia en Potasio y en cuanto a la relación Mg/K se manifiesta deficiencia en Mg. En general la fertilidad de todos los perfiles de este sitio son muy bajos.

MUNICIPIO DE VILLA GARZON

Los suelos de esta zona fisiográficamente pertenecen a paisajes aluviales y de altillanura, el sitio 2 se localiza en las vegas con una ocurrencia frecuente de inundabilidad; los sitios 1 en la altillanura nivel intermedio muy fuertemente disectadas y el sitio 3 pertenece a la altillanura también pero en un subpaisaje de valle coluvio aluvial. La siguiente es la descripción de los suelos según el paisaje:

PAISAJES ALUVIALES

Vegas frecuentemente Inundables

Pertenece el Sitio 2 (Diamante) presentan texturas van desde Francas a Franca arcillosas, químicamente son suelos de reacción ácida, capacidad catiónica de muy baja y saturación de bases muy alta a alta, el contenido de materia Orgánica es de medio a bajo, el fósforo se presenta en el primer horizonte medios y en el segundo altos, el porcentaje de Saturación de Aluminio es bajo no presenta problemas de salinidad. Los elementos menores manifiestan que el Hierro y el Boro es alto el Cobre de alto a medio, el Manganeso de medio a bajo y el Zinc y el azufre son bajos. Los niveles de fertilidad son muy bajos. Las relación Ca/ Mg es magnesio deficiente y la relación Ca/K y Mg/k se manifiesta una relación no ideal.

Terraza subreciente

El sitio 1 (Guinea) pertenece a esta unidad, presenta texturas que van desde Francas a Franca Arenosas, químicamente son suelos de reacción ácida, capacidad catiónica muy baja y saturación de bases alta, el contenido de materia Orgánica es de media a baja, el fósforo es medio a bajo, la saturación de Aluminio es limitante para cultivos moderadamente tolerantes y limitante para cultivos tolerantes. Los contenidos de elementos menores manifiestan valores para el Hierro, y Boro altos, el Cobre y Azufre medios y bajos Zinc. Presenta una fertilidad muy baja. La relación Ca/ Mg es ligeramente deficiente en magnesio, la relación Ca/K es con potasio deficiente y la relación Mg/k se manifiesta una relación de magnesio deficiente

PAISAJES ALTILLANURA

Valles coluvio-aluviales estrechos

Le corresponde al sitio 3 (Islandia), presenta suelos con texturas Francas a franco arcilloso, reacción muy ácida y contenidos de fósforo y capacidad de intercambio catiónico bajos, el contenido de bases Ca, Mg y Na y K son muy bajos, la saturación de bases es media, la materia orgánica y el carbono orgánico es bajo y la saturación de aluminio es limitante para cultivos tolerantes. En cuanto a elementos menores Hierro, el Manganeso y Boro son altos, el Cobre es de alto a medio, el Zinc es medio en el primer horizonte y bajo en el segundo y el azufre es bajo. La fertilidad es muy baja. Las relación Ca/ Mg es ligeramente deficiente en magnesio, la relación Ca/K es no ideal y la relación Mg/k se manifiesta una relación de magnesio deficiente

PUERTO GUZMAN

Todos los sitios de muestreo pertenecen a paisajes aluviales, los sitios 1, 2, 4 y 5 pertenecen a la vega frecuentemente inundable y el sitio 3 que se localiza en la terraza subresiente. La siguiente es la descripción de los suelos según el paisaje:

PAISAJES ALUVIALES

Vegas frecuentemente Inundables

El sitio 1 (La Siberia) químicamente son suelos de pH ácido, textura franco limosas, saturación de bases muy alta, los contenidos de materia orgánica medios, contenidos de fósforo altos, la capacidad de intercambio catiónico es bajo, la saturación de Aluminio no tiene problemas para los cultivos. En la relación Ca/mg presenta ligera deficiencia de Mg y en Ca/k el Potasio es deficiente, la relación Mg/k no es ideal por tener ligeras deficiencias en Potasio. En los elementos menores los contenidos son altos a excepción del Azufre, los niveles de fertilidad son muy altos. El sitio 2 (El Rubí) pertenece también a este subpaisaje, los suelos son muy semejantes a los anteriores difieren por tener contenido de Bases totales medios, el carbono orgánico de medio a bajo. La relación de Ca/mg manifiesta deficiencia de Mg y en Ca/k el Potasio deficiente, la relación Mg/k de estos suelos no es ideal, porque es ligeramente deficiente en Potasio. También en los contenidos de elementos menores la diferencia está en el Azufre porque se presenta de alto a medio en el primer horizonte y en el segundo de medio a bajo. La fertilidad es muy alta.

En el sitio 4 (La Esperanza) son muy semejantes a los dos anteriores, con pocas diferencias como las bases totales son bajas, el carbono orgánico es de alto a bajo y las relaciones Ca/Mg presenta ligera deficiencia de Mg y en las relaciones Ca/k y Mg/k no es ideal, presenta ligera deficiencia en Potasio. La fertilidad es muy alta. En el sitio 5 (Villa Hermosa), químicamente son suelos de pH ácido, textura franco limosas, saturación de bases muy alta a alta, los contenidos de fósforo son altos, la capacidad de intercambio catiónico es muy baja, la saturación de Aluminio no tiene problemas para los cultivos. En la relación Ca/mg presenta ligera deficiencia de Mg y en Ca/k es no ideal por ligeras deficiencias en Potasio y la relación Mg/k no es ideal por tener ligeras deficiencias en Magnesio. La fertilidad es muy alta. En los elementos menores los contenidos son altos a excepción del Azufre que va desde altos a medios.

Terraza subreciente

Pertenece el sitio 3 (La Miseria) los suelos manifiestan una reacción ácida, contenidos de fósforo bajo, al igual que las bases totales, con texturas Franco a Franco arcillosas, la capacidad de intercambio catiónico es de baja a muy baja, el Nitrógeno total de alto a bajo, la saturación de Aluminio es limitante para cultivos moderadamente tolerantes. Los contenidos de elementos menores son altos a excepción del azufre que es de alto a medio, las relaciones Ca/Mg presenta ligera deficiencia de Mg y en las relaciones Ca/k y Mg/k esta no es ideal, presenta ligera deficiencia en potasio. Presenta una fertilidad muy alta.

ANÁLISIS DE LOS MAPAS TEMÁTICOS

Con base en el mapa de "Distribución de los suelos y el área de influencia de las muestras de suelo en Unidades Fisiográficas para la zona de estudio" a escala

1:200.000, se crean los mapas temáticos de características físicas y químicas del suelo, se tuvo en cuenta los requerimientos más relevantes que el cultivo de Camu-Camu necesita para un buen desarrollo. Del agrupamiento de las características físicas y químicas del suelo por sitio y luego por unidad fisiográfica, se generaron seis mapas temáticos así: fertilidad, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, elementos menores y saturación de Aluminio.

MAPA DE CLASES DE FERTILIDAD DE SUELOS POR UNIDAD FISIOGRAFICA

Del análisis físico y químico de los suelos se diagnostica el nivel de fertilidad natural, la capacidad para suministrar los nutrientes que demandan los cultivos en el curso de su normal desarrollo, considerándolos en forma general y conlleva a que las unidades fisiográficas y los cultivos tengan un mejor desarrollo y mejores rendimientos económicos. En la zona de estudio y sus áreas de influencia tienen, en general, una fertilidad de Baja a Muy baja en todos los paisajes correspondientes a los municipios de Puerto Asís, Puerto Caicedo y Villagarzón y sobresalen únicamente las Unidades localizadas en el paisaje aluvial del río Caquetá en el municipio de Puerto Guzmán presentan una fertilidad muy alta. (Ver mapa 1)

MAPA DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS POR UNIDAD FISIOGRAFICA

Los intervalos tomados para calificar el contenido de Materia Orgánica son los propuestos por el laboratorio de suelos del IGAC, para los suelos colombianos y se toman los diferentes intervalos de clima frío medio y cálido para cumplir con el objetivo de una clasificación lo más aproximada posible. Los contenidos de Materia Orgánica en la zona de estudio en la mayoría de las unidades de vega son medios y bajos, en las terrazas resientes presentan un contenido de alto a medio al contrario de las terrazas subcrecientes que presenta. Contenidos bajos; en la atillanura se dan contenidos medios a bajos en su mayoría. Según los requerimientos del cultivo de Camu-Camu se puede desarrollar muy bien en las unidades de suelo, con contenidos de materia orgánica media, en la zona se podrían bien desarrollar bien en todas las unidades de paisajes. (Ver mapa 2)

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL PH DE LOS SUELOS POR UNIDAD FISIOGRAFICA

El mapa presenta los suelos de las vegas frecuentemente inundables con un pH de ácido a ligeramente ácido, estos suelos van a presentar una baja solubilidad del fósforo y regular disponibilidad de Ca y Mg. Los suelos de las terrazas presentan un pH muy ácido a ácido pueden ser usados para el cultivo de Camu Camu que requiere pH de 5.5, según información de requerimientos.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL CONTENIDO DE ELEMENTOS MENORES DE LOS SUELOS POR UNIDAD FISIAGRÁFICA

Los suelos de las vegas frecuentemente inundables tienen contenidos altos a medios de elementos menores, en algunas unidades presentan bajos contenidos de azufre; En los suelos de la terraza reciente son bajos y en la terraza subresiente se presentan contenidos altos a medios, con el azufre bajo. Los suelos de la altillanura disectadas los contenidos son bajos a diferencia de los valles que tienen contenidos altos. (Ver mapa 3)

MAPA DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DEL SUELO POR UNIDAD FISIAGRÁFICA

Esta propiedad está asociada directamente con la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica, desde el punto de vista agronómico suministra una información valiosa para decidir prácticas de la frecuencia de aplicación de los fertilizantes. Los niveles altos de intercambio Cationico asociados con elevada saturación de bases indican una gran capacidad potencial para suministrar Ca, Mg y K a las plantas. (ICA 1992). Los suelos de las vegas frecuentemente inundables son de bajos a muy bajos, igualmente que los de las terrazas, a excepción de las terrazas que están en la zona aluvial del río Caquetá los cuales presentan contenidos de altos a medios. (Ver mapa 4)

MAPA DE APRECIACIÓN DEL PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE ALUMINIO DE LOS SUELOS POR UNIDAD FISIAGRÁFICA

Los rangos de variación fueron tomados con base en la tolerancia relativa de los cultivos. Cultivos sensibles e incluso tolerantes al aluminio sufren a niveles entre 15 y 60% de saturación de Al. En general cuando hay un 60% de saturación de Al o más dentro de los 50 cm superficiales, el suelo se considera tóxico en aluminio. Los suelos de las vegas frecuentemente inundables, se reportan como unidades sin ningún problema limitante para cultivos susceptibles y en las unidades de vega pero ocasionalmente inundables se presentan como limitantes para cultivos moderadamente tolerantes. En las terrazas todos los suelos de las altillanuras presentan limitantes moderadamente tolerantes y limitantes para cultivos tolerantes, no se presenta ninguna unidad con niveles tóxicos para los cultivos.



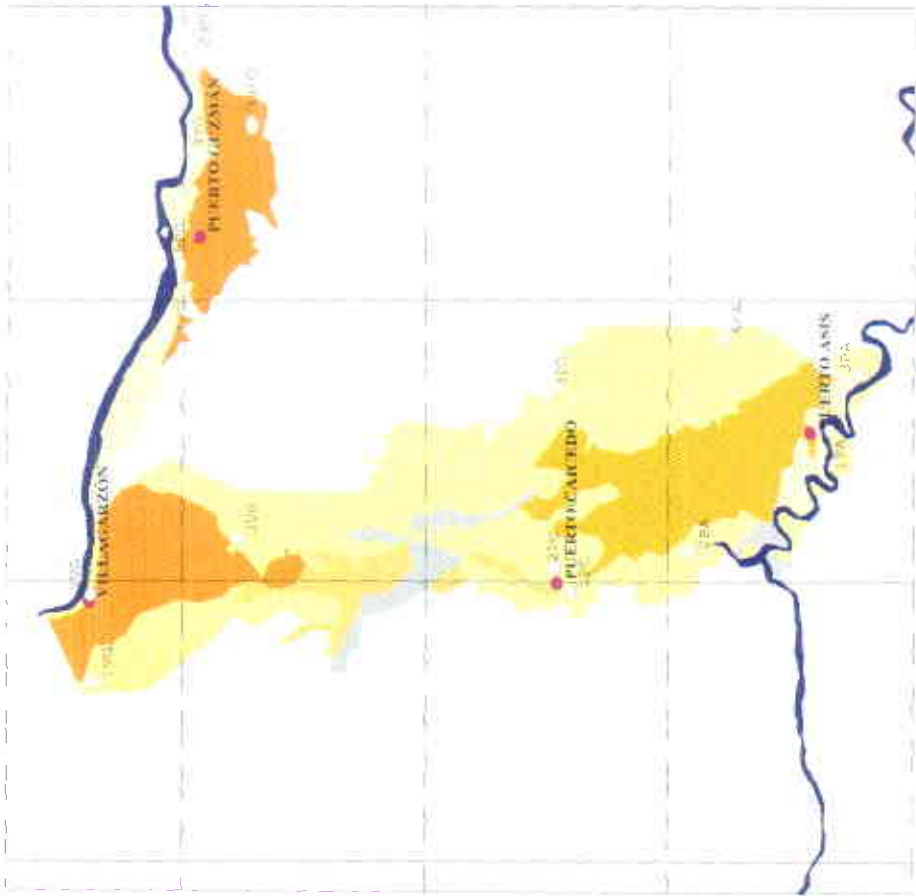
Corpoica
 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
 Calle 100 No. 100-100 Bogotá, Colombia



Sembrando Paz

PROYECTO: ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA SIEMBRA DE CAMU CAMU EN EL DEPARTAMENTO PUTUMAYO EN LOS MUNICIPIOS DE PUERTO ASIS, VILLAGARZÓN, PUERTO CAICEDO Y PUERTO GUZMÁN

MAPA 2. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS POR UNIDAD FISIGRÁFICA



LEYENDA

MATERIA ORGÁNICA	AREA/HA
ALTA	4.732
ALTA A MEDIA	19.608
ALTA A BAJA	16.067
MEDIA	7.421
MEDIA A BAJA	50.622
BAJA	4.142

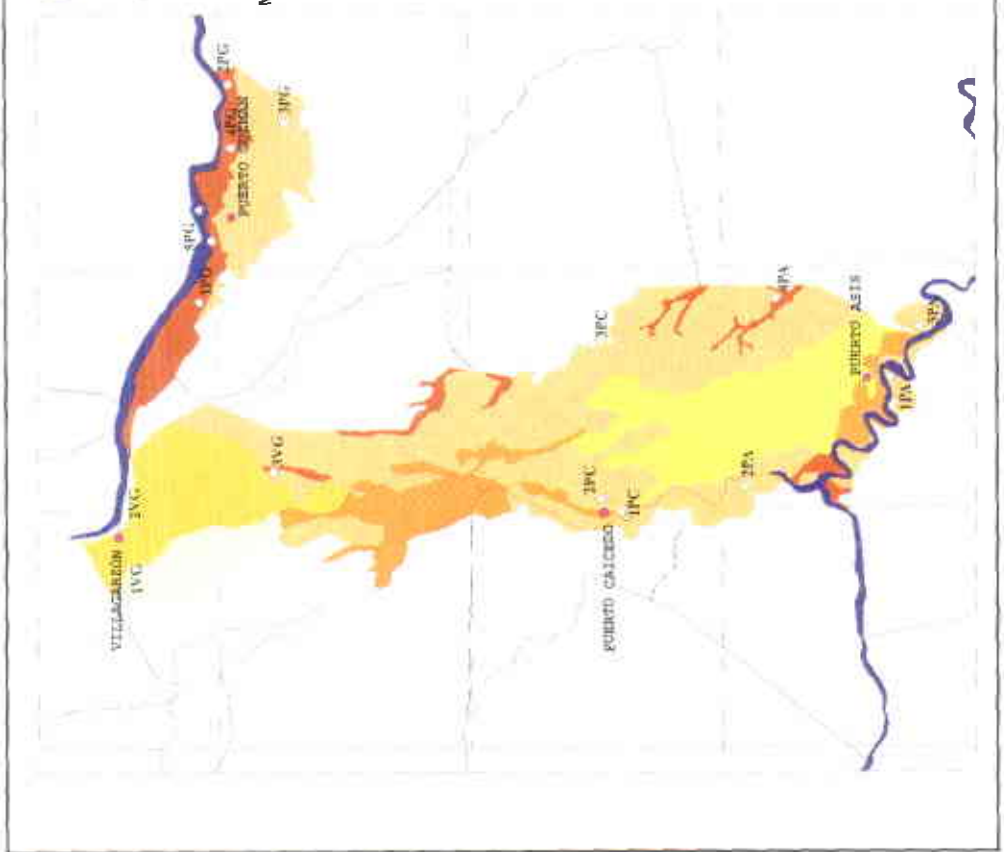


Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria



PROYECTO: AREAS ÓPTIMAS PARA LA SIEMBRA DE CAMU CAMU EN EL DEPARTAMENTO PUTUMAYO EN LOS MUNICIPIOS DE PUERTO ASIS, VILLAGARZÓN, PUERTO CAICEDO Y PUERTO GUZMÁN

MAPA 4. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DEL SUELO POR UNIDAD FISIOGRAFICA



LEYENDA

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	AREA/HA
ALTA	16 067
ALTA A MEDIA	11 328
BAJA	8 694
MEDIA A MUY BAJA	50 025
MEDIA	10 007
MUY BAJA	5 571

BIBLIOGRAFÍA

CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACIÓN CIAT -INCORA Estudio preliminar de suelos y bosques del proyecto de colonización Caqueta Putumayo, Parte II Bogotá Colombia, 1974.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO Fertilización en diversos cultivos Quinta Aproximación. Manual de asistencia técnica. Centro de Investigación Tibaitata, 1992

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI Suelos de Colombia Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Edición primera Santafé de Bogotá Colombia, 1995

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI Metodologías para Levantamientos Edafológicos. Especificaciones y Manual de procedimiento. Segunda Parte Segunda Edición Bogotá Colombia, 1986.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. Bogotá Colombia, Cuarta Edición 1979.

MALAGON DIMAS Y CORTES ABDON. Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Bogotá Colombia. 1984

MONTENEGRO H. 1990. Interpretación de las propiedades físicas del suelo En Memorias Seminario - Taller Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo; Comité Regional Cundinamarca, Bogotá pp 99- 127.

SOCIEDAD DE LA CIENCIA Y EL SUELO, Revista Suelos Ecuatoriales. Volumen XVII, No 2 Junio 1987, Sistema de Evaluación de la fertilidad del suelo, pags 281-285.

SOIL SURVEY STA FF. 1975. Soil Taxonomy, preliminary Abrige, Washington. USDA. pp 330.

ANEXO 2. UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL Y TIPO DE USO.

MATERIALES

Para determinar la cobertura vegetal actual en la zona de estudio, se procedió al procesamiento e interpretación de tres (3) Imágenes Satelitales Landsat TM "Mapeador Temático Multiespectral", (Cuadro 1.), dichas imágenes son particularmente útiles para la cartografía de la cobertura vegetal, uso de la tierra, entre otras. Esto debido a la amplia gama de bandas que permite un número mayor posible de combinaciones de las mismas, las cuales a su vez brindan mayores oportunidades para la detección de diferencias más finas en la cobertura.

CUADRO 1. Imágenes del Satélite Landsat TM, utilizadas para determinar la cobertura vegetal actual, en el área de influencia del proyecto.

Columna (Path)	Fila (Row)	Identificación (ID)	Fecha de Toma
9	59	L71009059_05920001109	Noviembre 9 de 2000
9	60	L71009060_06020001109	Noviembre 9 de 2000
8	60	L71008060_06020000830	Agosto 30 de 2000

METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS

El método de interpretación y agrupación que se utilizó fue el sistema CIAF, 1992²⁸. Del cual, se tuvo en cuenta todas las indicaciones que el sistema ofrece sobre el manejo de las características cartográficas tales como simbología, selección de colores y en especial lo relativo a la agrupación de estas clases en unidades cartográficas.

UNIDADES CARTOGRAFICAS

Un espacio delimitado en un mapa es una unidad cartográfica (Forero 1981). Una unidad de esta naturaleza puede estar compuesta de una o más clase de una categoría clasificatoria determinada. Los objetos y elementos no siempre se distribuyen ordenada y homogéneamente sobre la superficie de la tierra y en ocasiones forman agrupaciones intrincadas y entremezcladas, lo cual hace difícil su separación en clases puras. Por ejemplo: Es posible que los bosques y/o montaña y/o monte, se entremezclan con los cultivos, pastos y rastrojos; no se pueden excluir los bosques, así como tampoco las parcelas con actividad agrícola (cultivos, pastos, rastrojos); no obstante se hace imposible delimitar individualmente cada parcela de bosque, cultivo, rastrojo, etc. Los conceptos de **Consociación, Asociación y Complejos** utilizados para significar la pureza de las "Unidades de mapeo", ofrecen una solución a esta dificultad interpretativa. Su definición es como sigue:

²⁸ VARGAS, Enrique G. 1992. Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes. IGAC, Santafé de Bogotá D.C.

●**Consociaciones:** Son aquellas unidades (áreas) que encierran una o más clases (coberturas vegetales ej. bosque, cultivos, pasto rastrojo), siendo siempre mayor o igual a 70.0% la clase (cobertura vegetal) dominante. Por ejemplo: Una consociación sería una delimitación que encierra 80.0% de tierras de bosques, 10.0% de tierras de pastizales y 10.0% de tierras de cultivos.

●**Asociaciones:** Son aquellas que encierran dos o más clases (coberturas vegetales), cada una de las cuales cubre menos del 70.0% del área delimitada. Por ejemplo: Una asociación puede ser 50.0% de tierras de bosques, 40.0% de tierras de pastizales y 10.0% de tierras de cultivos.

●**Complejos:** Son aquellas que encierran dos o más clases (coberturas vegetales) que se encuentran en un patrón intrincado o poco espaciado. Por ejemplo: Cuando en un área existen agricultura de subsistencia o de cultivos asociados y usos mixtos.

PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LAS IMÁGENES

Los distintos objetos, rastros y características que conforman y determinan la cobertura y el uso de la tierra se manifiestan mediante los elementos que son la base y fundamento de la interpretación. Estos elementos son entre otros el tono, la textura, patrón, sitio y posición geográfica, entre otras. Pero naturalmente la forma como estos elementos pueden ser indicativos y constituir clave de identificación de los objetos cuya imagen se estudia, depende del tipo de registro (espectral, escala y fecha de toma de la escena en cuestión). Aunque la resolución o capacidad de registro no puede ser incrementada de una imagen luego de su toma, es en cambio posible facilitar la extracción de la información que ésta imagen contiene, mediante métodos de procesamiento y tratamiento de datos digitales que permiten el realce de detalles y el mejoramiento de contrastes.

GEORREFERENCIACION DE LA IMAGEN

Este proceso permite relacionar geográficamente los datos originales de la imagen a las coordenadas geográficas de Colombia y específicamente del departamento del Putumayo.

TRATAMIENTO DE DATOS Y REALCE DE BORDES

A partir de las imágenes originales adquiridas se seleccionaron las bandas apropiadas para la identificación y agrupación de tipos de cobertura vegetal y se procedió al mejoramiento de controles y realce de bordes mediante el tratamiento y ampliación de histogramas de distribución de datos digitales y posteriormente se prepararon composiciones a color.

INTERPRETACION DE LAS IMÁGENES

Las imágenes resultantes luego de los procesos de georreferenciación, realce,

visual para la agrupación y clasificación de los tipos de cobertura existentes en la zona de estudio. La interpretación visual de la imagen se apoyo con observaciones de campo, para lo cual se contrato personal con amplio conocimiento de la zona que cubre la imagen.

PRODUCTOS

Las clases de cobertura identificadas y agrupadas y finalmente clasificadas en la composición a color, se capturaron y almacenaron para ser ploteadas durante la edición sobre el mapa base, el cual nos permite elaborar los mapas de cobertura vegetal por cada uno de los municipios objeto del presente estudio, como se describen a continuación:

- Mapa cobertura vegetal del municipio de Puerto Asís, a escala 1:200.000 (Figura 1)
- Mapa cobertura vegetal del municipio de Puerto Guzmán, a escala 1:200.000 (Figura 2)
- Mapa cobertura vegetal del municipio de Puerto Caicedo, a escala 1:100.000 (Figura 3)
- Mapa cobertura vegetal del municipio de Villagarzón - Mocoa, a escala 1:100.000 (Figura 4)

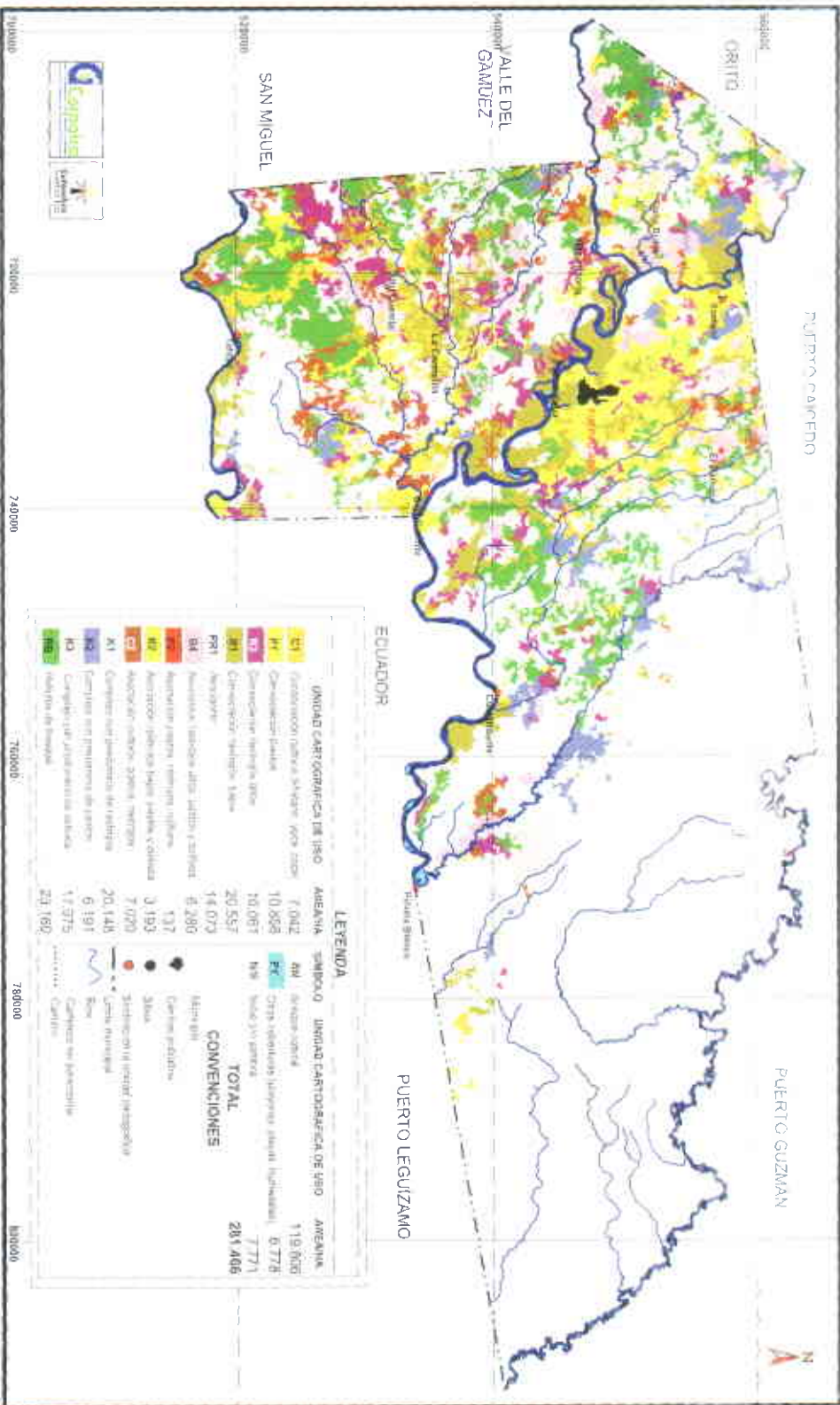


Figura 1. Mapa de Cobertura Vegetal municipio de Puerto Asis - Putumayo

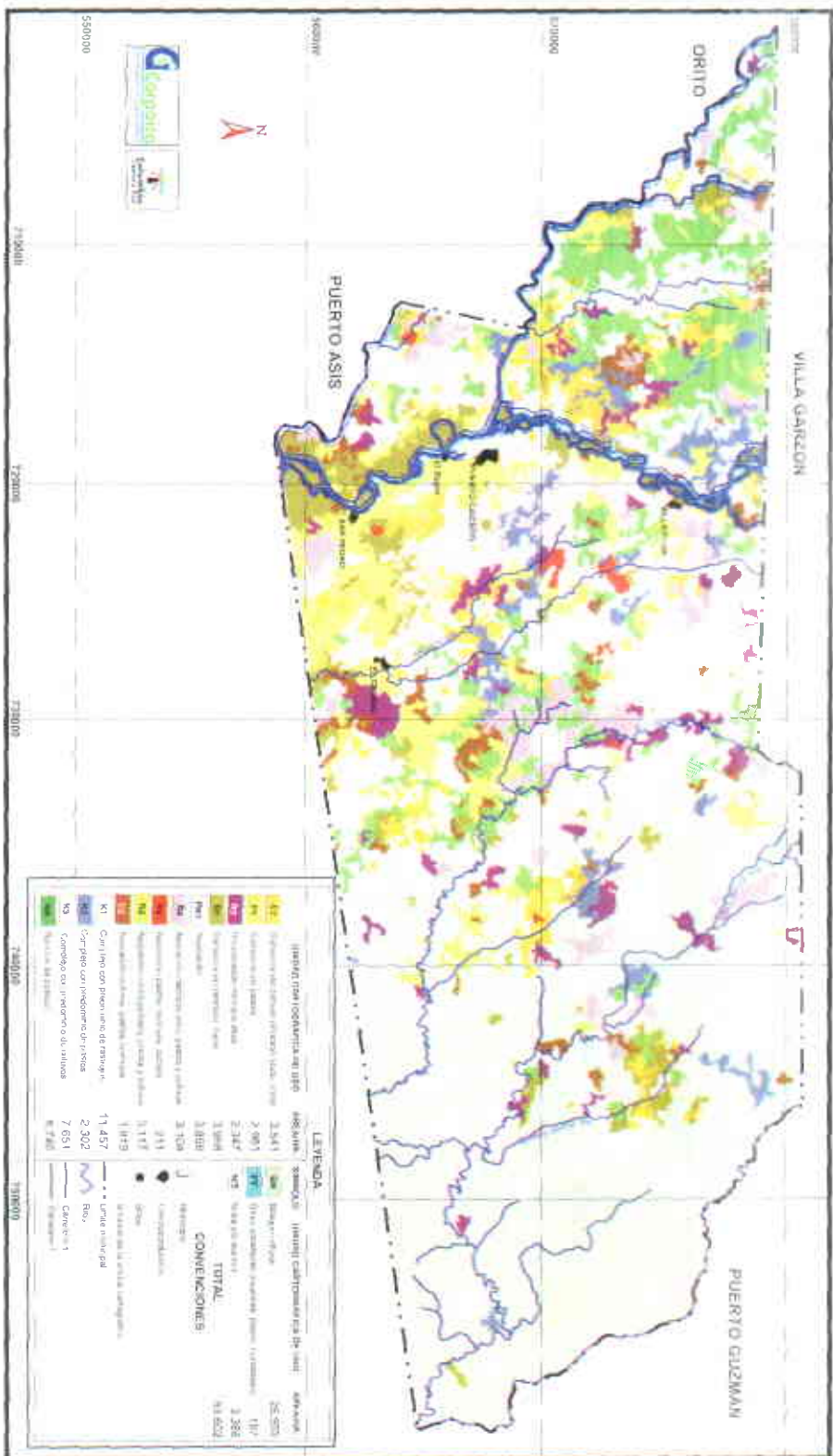


Figura 3. Mapa de Cobertura Vegetal municipal de Puerto Caicedo - Putumayo..

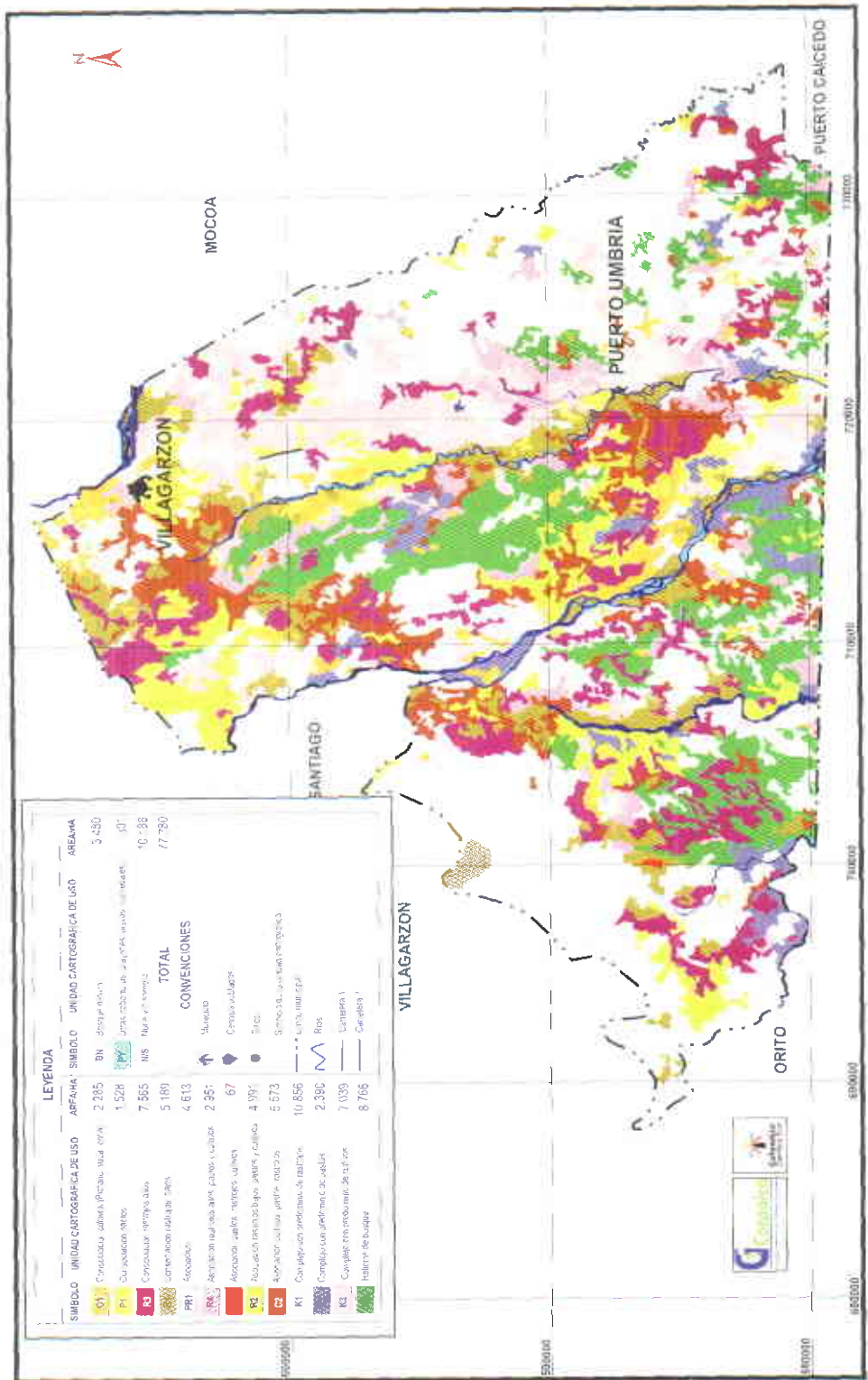


Figura 4. Mapa de Cobertura Vegetal municipio de Villagarzón / Mocoa - Putumayo.