

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

LEVANTAMIENTO DETALLADO DE SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA CON FINES DE  
PLANIFICACION DE LA INGENIERIA DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.),  
MASAGUA, ESCUINTLA.

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

RONALD DAGOBERTO GOMEZ ANZUETO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO

Guatemala, mayo de 1998.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

|                |   |
|----------------|---|
| DECANO         | Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO        |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT         |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. WILLIAN ROBERTO ESCOBAR LOPEZ   |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. ALEJANDRO A. HERNANDEZ FIGUEROA |
| VOCAL CUARTO:  | Br. OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA           |
| VOCAL QUINTO:  | Agr. DANILO JUAREZ QUIM                   |
| SECRETARIO:    | Ing. Agr. GUILLERMO E. MENDEZ BETETA      |

Guatemala, mayo de 1998.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**LEVANTAMIENTO DETALLADO DE SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA CON FINES DE  
PLANIFICACION DE LA INGENIERIA DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.),  
MASAGUA, ESCUINTLA.**

Trabajo que presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención a la presente.

Atentamente,



Ronald Dagoberto Gómez Anzueto

# ACTO QUE DEDICO

A:

**DIOS** Por sus múltiples bendiciones.

**MIS PADRES** Javier Gómez Sosa  
Sandra E. Anzueto Sánchez  
Por su cariño, apoyo y confianza brindada en todo momento.

**MI ABUELITA** Vitalina Sánchez Herrera  
Con mucho amor por su esfuerzo, cariño y dedicación en mi formación.

**MIS HERMANOS** En especial a Paola Esther Gómez A.

**MI NOVIA** María Luisa Gutiérrez Aguilar  
Por su cariño y amor

**MIS TIOS** En Especial a:  
Angel Gildardo Hernández Sánchez  
Victor Hugo Hernández Sánchez  
Angel Rubén Herrera (Q.P.D.)  
Por su cariño

**MIS PRIMOS** Jimmy G. Y Linda Maritza Hernández  
Con mucho cariño

**MI FAMILIA EN GENERAL** Como muestra de cariño y respeto.

**LAS FAMILIAS** Santizo Aquino, Lima Enríquez y Campos P.  
Con afecto

**MIS AMIGOS** Jorge Luis Gómez, Odenilson F. López, Erick Motta,  
Miguel López, Ezequiel López, Byron González,  
Byron Cuellar, Darío Girón, Jorge Solares, Oscar  
López y especialmente a la Promoción 88-91 ENCA  
como muestra de cariño y amistad.

## TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACUTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

A MIS MAESTROS Y CATEDRATICOS

AL OBRERO AGRICOLA QUE CON ESFUERZO Y LUCHA  
CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE GUATEMALA

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON CON MI  
FORMACION

## AGRADECIMIENTOS

### SINCEROS AGRADECIMIENTOS:

A

Ing. Agr. Gilberto Daniel Alvarado

Ing. Agr. Msc. Victor Cabrera Cruz.

Por su espíritu de investigación, apoyo y asesoría en la elaboración del presente trabajo.

Ing. Agr. William Roberto Escobar por su apoyo en mi formación Universitaria.

la Corporación del Ingenio Santa Ana y a su Equipo Técnico Agrícola por permitirme parte de mi formación y por su apoyo en la realización de la presente investigación, especialmente al Br. José Estrada Jefe del Departamento de Investigación Agrícola.

Laboratorio de Suelos del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cengicaña) y a todo su personal especialmente a Gabriela, por su colaboración en la realización de la presente investigación.

Laboratorio de Análisis de Suelo, Planta y Agua "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Ing. Agr. Anibal Sacbajá por su colaboración en la realización de la presente investigación.

Centro de Sistemas de Información Geográfico de la facultad de Agronomía por su apoyo técnico y de equipo de cómputo utilizado en el desarrollo de esta investigación, especialmente al Ing. Agr. Guillermo Santos por su efectiva orientación en el empleo del equipo de cómputo.

# CONTENIDO GENERAL

|  | Página. |
|--|---------|
| <b>1. Introducción</b>   | 1       |
| <b>2. Definición del Problema</b>  | 2       |
| <b>3. Antecedentes</b>   | 3       |
| <b>4. Marco Teórico</b>  | 4       |
| 4.1. Marco conceptual  | 4       |
| 4.1.1. Definiciones de suelo   | 4       |
| 4.1.2. Propósitos de los mapas e informes de suelos                        | 4       |
| 4.1.3. Principios y desarrollo histórico de la clasificación de los suelos | 5       |
| 4.1.4. Sistemas de clasificación de suelos                                 | 6       |
| 4.1.5. Fotointerpretación: una herramienta en el levantamiento de suelos   | 11      |
| 4.1.6. Niveles de levantamiento  | 12      |
| 4.2. Marco referencial   | 13      |
| 4.2.1. Ubicación natural   | 13      |
| 4.2.2. Localización geográfica   | 13      |
| 4.2.3. Hipsometría   | 13      |
| 4.2.4. Superficie  | 15      |
| 4.2.5. Recursos naturales  | 15      |
| 4.2.6. Aspectos socioeconómicos  | 16      |
| <b>5. Objetivos</b>  | 17      |
| 5.1. Objetivo general  | 17      |
| 5.2. Objetivos específicos   | 17      |
| <b>6. Marco Metodológico</b>   | 18      |
| 6.1. Fase de gabinete preliminar   | 18      |
| 6.1.1. Metodología del levantamiento fisiográfico-geomorfológico           | 18      |
| 6.2. Fase de campo   | 19      |
| 6.2.1. Reconocimiento  | 19      |
| 6.2.2. Muestreo de suelos  | 19      |
| 6.3. Fase de laboratorio   | 20      |
| 6.4. Fase de gabinete final  | 21      |
| 6.4.1. Interpretación de los resultados de laboratorio                     | 21      |

|  | Página     |
|--|------------|
| 6.4.2. Clasificación taxonómica y de capacidad de uso<br>de las unidades de suelo                  | 21         |
| <b>7. Resultados</b>   | <b>22</b>  |
| 7.1. Descripción de las unidades fisigráficas-geomorfológicas de<br>los suelos de la finca Bolivia | 24         |
| 7.2. Uso actual de la tierra de la finca Bolivia   | 83         |
| 7.2.1. Distribución del uso de la tierra de la finca Bolivia                                       | 83         |
| 7.2.2. Manejo tecnológico actual del cultivo de la caña de azúcar                                  | 84         |
| 7.2.2. Análisis de la producción de caña de azúcar en la finca Bolivia                             | 90         |
| <b>8. Discusión de Resultados</b>  | <b>93</b>  |
| <b>9. Conclusiones</b>   | <b>106</b> |
| <b>10. Recomendaciones</b>   | <b>108</b> |
| <b>11. Bibliografía</b>  | <b>111</b> |
| <b>12. Apéndice</b>  | <b>113</b> |

## Índice de Cuadros

| CUADROS  | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. <i>Leyenda fisiográfica de las unidades naturales de los suelos de la finca Bolivia, Masagua, Escuintla</i>        | 22     |
| Cuadro 2. <i>Análisis físico del pedón P-01 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Amazonas</i>                    | 25     |
| Cuadro 3. <i>Análisis químico del pedón P-01 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Amazonas</i>                   | 25     |
| Cuadro 4. <i>Análisis físico del pedón P-02 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Río Plata</i>                   | 28     |
| Cuadro 5. <i>Análisis químico del pedón P-02 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Río Plata</i>                  | 29     |
| Cuadro 6. <i>Análisis físico del pedón P-03 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Río Plata</i>                   | 32     |
| Cuadro 7. <i>Análisis químico del pedón P-03 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Río Plata</i>                  | 33     |
| Cuadro 8. <i>Análisis físico del pedón P-04 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Amazonas</i>                         | 36     |
| Cuadro 9. <i>Análisis químico del pedón P-04 de las de las terrazas antiguas del río Naranjo en Amazonas</i>                 | 37     |
| Cuadro 10. <i>Análisis físico del pedón P-05 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Iguazú</i>                          | 40     |
| Cuadro 11. <i>Análisis químico del pedón P-05 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Iguazú</i>                         | 40     |
| Cuadro 12. <i>Análisis físico del pedón P-06 de las terrazas antiguas del río Naranjo en el bosque de Palo Pinta</i>         | 44     |
| Cuadro 13. <i>Análisis químico del pedón P-06 de las terrazas antiguas del río Naranjo en el bosque de Palo Pinta</i>        | 44     |
| Cuadro 14. <i>Análisis físico del pedón P-07 de las terrazas antiguas del río Naranjo en el zanjón Las Malicias</i>          | 47     |
| Cuadro 15. <i>Análisis químico del pedón P-07 de las terrazas antiguas del río Naranjo en el zanjón Las Malicias</i>         | 47     |
| Cuadro 16. <i>Análisis físico del pedón P-08 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie baja de Río Plata</i>   | 50     |
| Cuadro 17. <i>Análisis químico del pedón P-08 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie baja de Río Plata</i>  | 50     |
| Cuadro 18. <i>Análisis físico del pedón P-09 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Orinoco</i>                         | 53     |
| Cuadro 19. <i>Análisis químico del pedón P-09 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Orinoco</i>                        | 53     |
| Cuadro 20. <i>Análisis físico del pedón P-10 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie baja de Palo Pinta</i>  | 57     |
| Cuadro 21. <i>Análisis químico del pedón P-10 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie baja de Palo Pinta</i> | 57     |
| Cuadro 22. <i>Análisis físico del pedón P-11 de las terraza antiguas del río Naranjo en la planicie media de Palo Pinta</i>  | 61     |
| Cuadro 23. <i>Análisis químico del pedón P-11 de las terraza antiguas del río Naranjo de la planicie media de Palo Pinta</i> | 63     |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 24. Análisis físico del pedón P-12 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie media de Iguazú  | 65  |
| Cuadro 25. Análisis químico del pedón P-12 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie media de Iguazú   | 66  |
| Cuadro 26. Análisis físico del pedón P-13 de las terrazas antiguas del río Naranjo de la planicie baja de Iguazú y Palo Pinta  | 69  |
| Cuadro 27. Análisis químico del pedón P-13 de las terrazas antiguas del río Naranjo de la planicie baja de Iguazú y Palo Pinta   | 69  |
| Cuadro 28. Análisis físico del pedón P-14 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Amazonas   | 73  |
| Cuadro 29. Análisis químico del pedón P-14 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo Amazonas   | 74  |
| Cuadro 30. Análisis físico del pedón P-15 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú   | 77  |
| Cuadro 31. Análisis químico del pedón P-15 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú  | 77  |
| Cuadro 32. Análisis físico del pedón P-16 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Palo Pinta y Río Plata   | 80  |
| Cuadro 33. Análisis químico del pedón P-16 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Palo Pinta y Río Plata  | 80  |
| Cuadro 34. Uso actual de la tierra en la finca Bolivia, Masagua, Escuintla   | 84  |
| Cuadro 35. Secuencia de labores para renovaciones de caña plantilla  | 84  |
| Cuadro 36. Secuencia de labores para el mantenimiento de caña soca   | 85  |
| Cuadro 37. Análisis químico de muestras de agua provenientes de las pocetas de la finca Bolivia  | 88  |
| Cuadro 38. Resumen de la clasificación taxonómica de los suelos de la finca Bolivia, Masagua Escuintla   | 94  |
| Cuadro 39. Análisis químico de rutina de una muestra de suelo calcinada proveniente de la finca Bolivia  | 99  |
| Cuadro 40. Comparación del aporte de nutrientes del suelo, fertilización tradicional y requerimiento estimado de nutrientes en kg/ha para la producción de 100 toneladas de caña industrial/ha | 102 |
| Cuadro 41. Resumen del requerimiento de riego de la caña de azúcar bajo las condiciones de los suelos de la finca Bolivia de acuerdo a la clasificación taxonómica                             | 103 |
| Cuadro 42. Determinación de lluvia efectiva de la finca Bolivia por el método Blaney y Cridley   | 104 |
| Cuadro 43. Dosis y fuentes de nutrientes recomendadas para el cultivo de la caña de azúcar para la producción de 100 toneladas de caña industrial/ha   | 109 |
| Cuadro 44. Rendimiento promedio de caña industrial en toneladas/ha en las unidades de mapeo de los suelos de la finca Bolivia con base a su capacidad de uso (USDA)                            | 114 |

## Índice de Figuras

|                   |  |            |
|-------------------|--|------------|
| <b>Figura 1.</b>  | <i>Ubicación geográfica de la finca Bolivia</i>  | <b>14</b>  |
| <b>Figura 2.</b>  | <i>Ambiente natural de la finca Bolivia</i>  | <b>15</b>  |
| <b>Figura 3.</b>  | <i>Climadiagrama local, finca Bolivia, Masagua, Escuintla</i>  | <b>16</b>  |
| <b>Figura 4.</b>  | <i>Unidades fisigráfica-geomorfológicas de los suelos y ubicación de pedones en la finca Bolivia</i>                                 | <b>23</b>  |
| <b>Figura 5.</b>  | <i>Perfil del pedón P-01 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Amazonas</i>   | <b>27</b>  |
| <b>Figura 6.</b>  | <i>Perfil del pedón P-02 de las terrazas subcrecientes del río naranjo en Río Plata</i>  | <b>31</b>  |
| <b>Figura 7.</b>  | <i>Perfil del pedón P-03 de las terrazas subcrecientes del río Naranjo en Río Plata</i>  | <b>33</b>  |
| <b>Figura 8.</b>  | <i>Perfil del pedón P-04 de las terrazas antigua del río Naranjo en Amazonas</i>   | <b>37</b>  |
| <b>Figura 9.</b>  | <i>Perfil del pedón P-05 de las terrazas antiguas de la parte alta de la subunidad productiva de Iguazu</i>                          | <b>43</b>  |
| <b>Figura 10.</b> | <i>Perfil del pedón P-08 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie baja de Río Plata</i>                               | <b>52</b>  |
| <b>Figura 11.</b> | <i>Perfil del pedón P-09 de las terrazas antiguas del río Naranjo en Orinoco</i>   | <b>54</b>  |
| <b>Figura 12.</b> | <i>Perfil del pedón P-10 de las terrazas antiguas del Naranjo de la planicie baja de Palo Pinta</i>                                  | <b>58</b>  |
| <b>Figura 13.</b> | <i>Perfil del pedón P-11 de las terrazas antiguas del río Naranjo de la planicie media de Palo Pinta</i>                             | <b>62</b>  |
| <b>Figura 14.</b> | <i>Perfil del pedón P-12 de las terrazas antiguas del río Naranjo en la planicie media de Iguazú</i>                                 | <b>66</b>  |
| <b>Figura 15.</b> | <i>Perfil del pedón P-13 de las terrazas antiguas del río Naranjo de la planicie baja de Iguazú y Palo Pinta</i>                     | <b>70</b>  |
| <b>Figura 16.</b> | <i>Perfil del pedón P-14 de los causes antiguos de Amazonas</i>  | <b>74</b>  |
| <b>Figura 17.</b> | <i>Perfil del pedón P-15 de los causes antiguos de inundación de Orinoco e Iguazú</i>  | <b>78</b>  |
| <b>Figura 18.</b> | <i>Perfil del pedón P-15 de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en la planicie baja de Palo Pinta y Río Plata</i>      | <b>81</b>  |
| <b>Figura 19.</b> | <i>Análisis comparativo del rendimiento de caña de azúcar industrial durante el período 92/97</i>                                    | <b>91</b>  |
| <b>Figura 20.</b> | <i>Estudio de la tendencia general de la producción en la finca Bolivia, Masagua, Escuintla durante el período cronológico 92/97</i> | <b>92</b>  |
| <b>Figura 21.</b> | <i>Diferencias en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar entre suelos Typic Usthorrents y Typic Argialbolls</i>                 | <b>100</b> |
| <b>Figura 22.</b> | <i>Mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la finca Bolivia</i>  | <b>118</b> |
| <b>Figura 23.</b> | <i>Mapa de capacidad de uso de la tierra (USDA) de los suelos de la finca Bolivia</i>  | <b>116</b> |
| <b>Figura 24.</b> | <i>Mapa de uso actual de la tierra, finca Bolivia</i>  | <b>117</b> |
| <b>Figura 25.</b> | <i>Plano de isobatas correspondiente al período agosto-septiembre de 1994</i>  | <b>118</b> |
| <b>Figura 26.</b> | <i>Plano de isobatas correspondiente al período febrero-abril de 1995</i>  | <b>119</b> |
| <b>Figura 27.</b> | <i>Plano de isohipsas correspondiente al período agosto-septiembre de 1994</i>   | <b>120</b> |
| <b>Figura 28.</b> | <i>Plano de isohipsas correspondiente al período febrero-abril de 1995</i>   | <b>121</b> |

LEVANTAMIENTO DETALLADO DE LOS SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA CON FINES DE LA PLANIFICACION EN LA INGENIERIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN MASAGUA, ESCUINTLA.

BOLIVIA FARM'S DETAILED SOIL SURVEY TO THE PLANIFICATION IN THE ENGINEERING OF THE SUGAR CANE CROP (Saccharum officinarum L.), IN MASAGUA, ESCUINTLA.

## RESUMEN

Guatemala, económicamente depende de su actividad agrícola, muestra a través del estudio de capacidad de uso de la tierra a nivel nacional su vocación forestal, ya que apenas el 28 por ciento del territorio nacional constituyen suelos con capacidad de uso para la agricultura, más aun, un 23.77 por ciento de los suelos presentan severas limitaciones para tal uso. Lo anterior, constituye razón para la ejecución de estudios orientados al desarrollo de sistemas de manejo tecnológico aplicables a los cultivos potenciales, con el objeto de promover una agricultura de máximo aprovechamiento del recurso suelo, basado en su uso sustentable.

El levantamiento detallado de los suelos de la finca Bolivia, se desarrolló con la aplicación del sistema de clasificación taxonómico de suelos y el sistema de clasificación de la tierra con base en su capacidad productiva, a manera de generar información para sustentar la planificación de uso de la tierra con énfasis en el cultivo de la caña de azúcar, a través de una tecnología que asegure el uso sustentable del recurso suelo. Para este propósito, el estudio se basó en la metodología del levantamiento fisiográfico-geomorfológico, mediante fotointerpretación detallada del área en estudio, verificación de unidades fisiográficas a través de recorridos, apertura de calicatas, lectura de perfiles y muestreo de horizontes para la determinación de las propiedades físicas y químicas de cada perfil a nivel de campo y laboratorio para sustentar la clasificación taxonómica, de capacidad de uso y de capacidad de fertilidad. Así mismo la fotointerpretación se aplicó con el propósito de realizar el estudio de distribución del uso actual de los suelos, complementado con el estudio del manejo tecnológico actual de la caña de azúcar y el análisis de la producción correspondiente a las zafras 1992-1997.

Taxonómicamente, los suelos de la finca (1481.37 ha) corresponden en un 87.61 por ciento al orden Molisoles, 3.56 por ciento a los Inceptisoles y el 8.81 por ciento a Entisoles. Dentro de los Molisoles se encuentran; el sub-grupo Vertic Hapludolls de la familia francosa fina que constituyen 16.42 por ciento del área total; el sub-grupo Fluventic Hapludolls constituido por las familias francosa fina, francosa y francosa gruesa que conforman un 29.83 por ciento; el sub-grupo Typic Argialbolls compuestas por las familias francosa fina y francosa gruesa constituyen 37.82 por ciento; el sub-grupo Eutropeptics Rendolls de la familia francosa gruesa 3.71 por ciento; los suelos del orden inceptisol del sub-grupo Typic Fragiochrepts francosa fina somera sobre fragmental constituyen 3.56 por ciento. Los suelos del orden Entisoles; del sub-grupo Typic Ustipsaments familia limosa gruesa sobre esqueleto arenosa que constituyen el 5.51 por ciento y los del sub-grupo Typic Usthortents familia arenosa constituyen el 3.30 por ciento. De la capacidad de uso de los suelos, los de

vocación agrícola; constituyen el 93.14 por ciento (1379.75 ha) compuestos por unas 464.74 ha de la Clase "II" con muy pocas limitaciones de uso; los suelos de la clase "II" y subclase "w" constituyen 400.88 ha limitados por mal drenaje superficial y exceso de humedad que dificulta las labores del cultivo, suelos de la Clase "II" y subclase "s", constituyen 149.7 ha y los de la subclase "se" que constituyen 82.76 ha, caracterizados por el poco espesor del horizonte superficial que limita labores mecanizadas del suelo y de fertilizantes. Los suelos de la Clase "III" y "III<sub>s</sub>", constituyen 240.66 ha, caracterizados por el poco espesor del horizonte superficial y débil y poco estructurados que limitan las actividades mecanizadas, además son suelos con muy baja fertilidad y baja capacidad de retención de nutrientes por lo que es necesario el consumo de altas dosis de fertilizantes. Los suelos de la Clase IV y V constituyen 107.06 ha, cuya vocación de uso es para bosques, caracterizados por constituir causas antiguos de inundación, que presentan textura arenosa superficial o arcillosa masiva compacta que descansan sobre materiales fragmentales.

Actualmente el uso de los suelos de la finca Bolivia se encuentra dedicado al cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) que ocupa el 92.22 % del área de la finca (1366.11 ha), sin cultivar 4.72% (69.99 ha) y en bosques 3.06 % 45.32 ha). El análisis de rendimientos muestra las diferencias entre unidades de capacidad de uso de los suelos, y en general muestra una tendencia decreciente de la producción del 15 %, así mismo el manejo tecnológico actual no considera los procesos de mecanización de los suelos, manejo y uso de fertilizantes (cantidad y tiempo), manejo y conservación de la materia orgánica de acuerdo a las características de los suelos por lo que no asegura la sustentabilidad del sistema productivo.

En cuanto a su uso potencial en la mecanización del suelo, solo los suelos Vertic Hapludolls manifiestan aptitud a la secuencia de labores mecanizadas del manejo tecnológico actual, los demás suelos sugieren el uso de labranza mínima. En lo que refiere al manejo y conservación de la materia orgánica del suelo se recomienda la recolección y desmenuzado o confinamiento de los restos de cosecha para propiciar descomposición y posterior incorporación al suelo. En el manejo y uso de fertilizantes se recomienda; con base en los requerimientos de la caña de azúcar para la producción de 100 toneladas de caña industrial/ha, la aplicación de la mezcla física compuesta por 250 kg de urea, 204 kg de muriato de potasio, 182 kg de sulfato de amonio y fuentes puras de boro, cobre y hierro, en 2 aplicaciones: La primera a los 30 días post-siembra en renovaciones o post-cosecha en caña soca, con 320 kg/ha de la mezcla física y una segunda aplicación a los 60 ó 70, con 452 kg de la mezcla. El manejo del agua de riego se recomienda que la humedad del suelo no sea abatida hasta el punto de marchitez permanente, así mismo se recomienda realizar estudios del aporte de humedad capilar del agua subterránea para definir las necesidades y frecuencias reales de riego.

# 1. INTRODUCCION

La presente investigación se realizó en la finca Bolivia, en el municipio de Masagua, Escuintla; con el objeto de caracterizar el recurso suelo a través del estudio detallado del mismo, con base en sus características físico-químicas y potencialidad de uso, específicamente, dirigido al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.); en términos de adecuación del manejo tecnológico actual del mismo, a fin de desarrollar su uso sustentable, ante la inminente necesidad a nivel nacional de sistemas eficientes de producción agrícola.

El estudio se basa en la metodología del levantamiento fisiográfico-geomorfológico a partir de la fotointerpretación detallada, en la que se determinaron 3 paisajes correspondientes a la llanura aluvial del río Naranjo: Las terrazas subrecientes, terrazas antiguas y los causes antiguos o salidas de madre del río Naranjo que componen en total 16 unidades de suelos, agrupadas en los sub-grupos: Vertic Hapludolls, Fluventic Hapludolls, Typic Argialbolls, Eutropeptics Rendolls, Typic Fragiochrepts, Typic Ustipsaments, Typic Usthorrents, a su vez conformados por familias diferenciadas con base en las clases de tamaño de partículas.

De acuerdo a la metodología USDA, de clasificación de los suelos con base en la capacidad de uso, los suelos con vocación agrícola de la finca, constituyen un 93.14 por ciento del área (1379.75 ha), integrados por suelos Clase II en un 31.36 por ciento (464.74 ha), Subclase "II w" integran 27.07 por ciento (400.88 ha), y Subclase "IIs", constituyen el 10.11 por ciento (149.7 ha), Subclase "IIse" corresponden a 5.59 % (82.76 ha), Clase III que constituyen 3.10 por ciento (45.87 ha), Subclase "IIIs" constituyen 19.92 por ciento (235.37 ha) y los suelos de la Clase IV y V; que constituyen el 6.86 por ciento (107.06 ha), cuya vocación de uso es forestal o vida silvestre y se asientan sobre causes antiguos compuestos por materiales fragmentales (arenas, gravas y fragmentos de roca de diámetro no mayor a 2.5 cm).

El análisis gráfico de la producción muestra diferencias notables en los niveles de rendimientos de caña de azúcar industrial<sup>1</sup> (toneladas/ha) dentro de las unidades de capacidad de uso de los suelos; así mismo la tendencia general de la producción del cultivo en la finca Bolivia, mostró una disminución de 15 % en los niveles de producción obtenidos durante el período cronológico comprendido desde la zafra 1992/93 hasta la zafra 1996/1997.

Las recomendaciones del manejo tecnológico del cultivo de la caña de azúcar se basan en las características del suelo y su potencialidad de manejo, así como requerimientos de manejo del cultivo en aspectos de la labranza mecanizada del suelo, tratamiento de los restos de cosecha para el manejo y conservación de la materia orgánica del suelo, uso y manejo de fertilizantes y aspectos relacionados al uso y manejo del agua para riego.

<sup>1</sup> Caña industrial: Caña molible que llega al ingenio.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Guatemala, cuyo soporte económico principal es la actividad agrícola y pecuaria; el recurso de mayor riqueza es el suelo; siendo necesario su desarrollo productivo sustentable, debido principalmente a que los suelos con vocación agrícola constituyen no mas del 28 por ciento del territorio nacional; los cuales la mayoría (85.71 por ciento) presentan limitaciones severas que restringen su uso.

La finca Bolivia tiene una superficie de 1,481.37 ha; actualmente dedicadas a la actividad agrícola con uno de los cultivos más importantes para la economía nacional, tanto por la generación de divisas como fuente de ocupación a gran número de la población guatemalteca: la caña de azúcar. Este cultivo, ha mostrado a través del análisis de la producción de la finca Bolivia, un 15 % de decremento en el rendimiento general, el cual obedece a una serie de factores que afectan el desarrollo del cultivo, entre ellos; el suelo, que tanto sus características físico-químicas, así como de distribución predominan desconocidas<sup>2</sup>, no obstante, existe el Estudio Semidetallado de los Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala (5), el cual, no provee la información necesaria de las características internas y externas de los suelos que permitan la planificación de uso del recurso suelo a nivel de finca y en el caso particular en la adecuación de labores agrícolas en la Ingeniería del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). De esta manera, el levantamiento detallado de los suelos de la finca Bolivia, fundamentado, en el estudio fisiográfico-geomorfológico y las características físicas y químicas para la aplicación del sistema de clasificación taxonómico y de capacidad de uso de la tierra (USDA), así como sus características de distribución, permite la derivación de información para la adecuación de la ingeniería del cultivo de la caña de azúcar en cuanto a labores mecanizadas, manejo de residuos de cosecha, uso y manejo de fertilizantes y del agua de riego; factores determinantes para el desarrollo sustentable del recurso suelo de la finca Bolivia.

---

<sup>2</sup> Diagnóstico General de las Labores Productivas en el Cultivo de la Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) en la Finca Bolivia. (12)

### 3. ANTECEDENTES

Como elementos de apoyo al levantamiento detallado de los suelos de la finca Bolivia, se encuentran: El estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala (5), el cual se utilizó como guía para la corroboración de los suelos que se presentan en el área bajo estudio, así mismo información del estudio de niveles freáticos de la finca (isobatas e isohipsas), tal información se utilizó en el presente documento para la caracterización de las unidades de suelos y para la determinación del uso y manejo del agua subterránea con fines de riego e información para la construcción de obras de ingeniería agrícola (pocetas, drenaje superficial).

La finca Bolivia cuenta con información propia de carácter interno del proceso de producción de caña de azúcar a través de los llamados maestros de lotes, en los que se llevan los registros generales de la finca tales como: Fechas de preparación del suelo, de siembra, actividades de fertilización, limpiezas, fechas de corte, número de cortes, producción en toneladas de caña de azúcar industrial por hectárea en cada pante y rendimiento promedio de azúcar en libras por tonelada, entre otros datos útiles en la determinación del manejo tecnológico actual del cultivo y en el análisis de la producción.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 4.1.1. Definiciones de suelo.

Se entiende tanto en tecnología agrícola como en agricultura, la parte de la capa superior meteorizada de la corteza sólida terrestre en condiciones de servir de sostén a las plantas que sobre ella crecen. (3,29)

El suelo es un cuerpo natural que se ha formado por acción de los factores de formación sobre los materiales minerales. Las propiedades específicas del suelo se determinan por la naturaleza del material parental y por efecto de los factores ambientales como el relieve, clima y vegetación (3).

#### 4.1.2. Propósitos de los mapas e informes de suelos:

Los levantamientos de suelos incluyen aquellas investigaciones necesarias para: 1. Determinar aquellas características importantes de los suelos, 2. Clasificar suelos en tipos definidos y otras unidades de clasificación, 3. Establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre las clases de suelos y 4. Correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a los diversos cultivos, pastos y árboles, su comportamiento y su productividad bajo sistemas de manejo diferentes, y los rendimientos de los cultivos adaptados, bajo practicas de manejo definidas. (29)

El propósito fundamental de un levantamiento de suelos, como el cualquier investigación, es el de hacer pronósticos, aunque los resultados de la investigación de suelos, están siendo aplicados a problemas diversos de ingeniería, sus aplicaciones principales se encuentran en el campo agrícola, incluyendo el forestal y pastoreo. (29).

En este aspecto, el levantamiento de los suelos es útil en: planificación de fincas, clasificación de tierra rural, avalúo de tierras, poblamiento de tierras nuevas, guía para presuntos compradores de fincas, evaluación de las potencialidades para cultivos, manejo forestal, usos en construcción y otros usos.(29)

##### 4.1.2.1. Planificación de fincas

Los resultados del levantamiento de suelos y de las investigaciones correlativas están siendo aplicados por los productores agrícolas y a menudo para asesoramiento para el desarrollo agrícola para la finca en los siguientes aspectos:(29)

A. Usos principales de la tierra: Para la distribución de los suelos en la finca y los requerimientos de balance entre las varias actividades.

B. Sistemas de cultivo: Se necesita un buen sistema de cultivo el cual encaje con las clases de suelos de la finca con toda su tecnología moderna.

C. Métodos de labranza: Los métodos empleados en la labranza deben tender a preparar apropiadamente los suelos para la siembra, receptivo al agua, incorporarle material orgánico, cal y fertilizantes a profundidad en donde fuere necesario y combatir las malas hierbas, entre otras.

D. Protección: Tanto para cultivos como para el suelo.

E. Uso y distribución del agua sobre la tierra:

Cada finca necesita un sistema ordenado de uso y distribución del agua, mientras algunas fincas tienen suelos bien drenados por naturaleza y lluvias de las cuales se pueden depender, otras no cuentan con éstas características. En suelos erosionables donde las lluvias son intensas, a menos que el plan de manejo provea medios para control de la escorrentía y erosión, todas las demás prácticas pueden convertirse en nada. Algunos suelos necesitan drenaje, las tierras bajas necesitan protección de las aguas de inundación, muchos suelos responden al riego.

F. Uso y conservación de materia orgánica: Grandes pérdidas de materiales orgánicos tienen lugar debido a prácticas de quema, lixiviación y negligencia.

G. Regulación de la acidez: En regiones de baja precipitación se requieren medidas tendientes a eliminar el exceso de sales o álcali y para la prevención de su acumulación bajo condiciones de riego.

H. Fertilización: Puede ser necesario desarrollar un sistema de fertilización en el plan de la finca, para lograr las mejores combinaciones de los cultivos de más altos rendimientos.(29)

#### 4.1.3. Principios y desarrollo histórico de la clasificación de suelos

##### 4.1.3.1. La clasificación de los suelos:

Un agrupamiento lógico de cualquier grupo de materiales heterogéneos o de individuos, es necesario para estudiarlos provechosamente, tal sistema de agrupamiento es conocido como Clasificación.(25)

En cualquier esquema de clasificación, los individuos se asocian en grupos lógicos a causa de sus características, principiando con el agrupamiento de los grupos más grandes y descendiendo después a los grupos más pequeños. En el caso de plantas y animales sus características son las que se usan para la clasificación, mientras en los suelos, el perfil es la base de la clasificación. El estudio del perfil es entonces de importancia mayor. Las principales características de los perfiles se usan en la clasificación de los suelos, precisamente como las características de los animales se usan en la clasificación de animales. (25)

No se desconoce que la clasificación de suelos es una ciencia reciente y que se progresa a medida que se obtiene nueva información y esto ha ayudado a desarrollar interés en los sistemas que se han propuesto. (25)

##### 4.1.3.1. Finalidades de la clasificación:

Antes de estudiar detalladamente los principios de clasificación de suelos y su evolución, es necesario conocer las razones por las que el hombre efectúa clasificaciones y los empleos que le da al proceso

de clasificación formal. (25)

Los fenómenos naturales se clasifican para:

- Organizar los conocimientos (contribuyendo a organizar los pensamientos).
- destacar y entender las relaciones entre individuos y clases de la población clasificados.
- Recordar las propiedades de los objetos clasificados.
- Aprender nuevas relaciones y nuevos principios en la población clasificada.
- Establecer grupos o subdivisiones de los objetos estudiados de un modo útil, para fines prácticos aplicados con el propósito de:

- a. predecir su comportamiento.
- b. identificar sus mejores usos.
- c. estimar su productividad.
- d. proporcionar objetos o unidades de investigación así como extender y extrapolar resultados de investigaciones u observaciones.

En los sistemas de clasificación generales y simples, ordenamos o estructuramos el sistema para que se desempeñe alguna de estas funciones o todas ellas. (3).

#### 4.1.4. Sistemas de clasificación de suelos:

En una clasificación natural, se toman en consideración todos los atributos de una población y se escogen, para definir y separar diversas clases, los que tienen el mayor número de características asociadas o covariantes. (3)

##### 4.1.4. 1. Sistemas modernos de clasificación de suelos:

###### A. Clasificación moderna de suelos de la URSS

La clasificación moderna de suelos en la URSS (actualmente Rusia), continúa el método general subrayado primeramente por Dokuchaev y Sibirstev, que hace especial hincapié en la genética, la evolución de propiedades de los suelos y los procesos edafogenéticos en el suelo, en relación con los factores de formación del suelo. El estudio de los perfiles del suelo con respecto a su clasificación, tiene tres componentes principales en el análisis utilizado por la mayoría de edafólogos actuales de la URSS: las propiedades de los suelos, los procesos edafogenéticos o de formación de los suelos y los agentes o los factores de formación del suelo. (3)

###### B. Unidad de Suelos para el Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO.

Este proyecto conjunto de la FAO y la UNESCO, se inició en 1961, con la finalidad de preparar una correlación mundial universal de las unidades de suelos para obtener un inventario de los recursos de suelos del mundo, mediante un conjunto de mapas edafológicos con leyendas comunes y para facilitar la transferencia de los conocimientos sobre administración y uso del suelo. (3)

Fue necesario preparar un sistema de clasificación parcial y definir las unidades de mapas de este proyecto y establecer un sistema de doble categoría con una clase superior aproximada, pero no completamente equivalente al nivel de gran grupo de los Estados Unidos y algunos otros sistemas y al tipo de suelos del sistema de la URSS. La categoría más baja se compone de intervalos o suelos con horizontes especiales o características notable. Se han propuesto fases para subdividir las clases secundarias según diferencias de características o cualidades importantes en la utilización y la administración de los suelos, clases de texturas (tres clases), cascajos, presencia de capas endurecidas, presencia de rocas duras, pendiente y existencia de salinidad.(3)

Para definir adecuadamente las clases, fue necesario ponerse de acuerdo respecto de un conjunto de horizontes de diagnóstico, algunos de los cuales se obtuvieron a partir de los criterios de horizontes del sistema completo de clasificación de suelos de los Estados Unidos, y en parte, de otros sistemas de clasificación. La nomenclatura para esos horizontes diagnósticos y para las clases mismas, se tomó en parte, de los nombres clásicos de suelos derivados primordialmente de la terminología original de los tipos de suelos soviéticos, así como también de los términos establecidos recientemente en Europa Occidental y Canadá, más unos cuantos nombres desarrollados especialmente para este fin.(3)

A continuación se presenta la lista de unidades de suelos de la FAO/UNESCO con una pequeña descripción cualitativa:(3)

- Fluvisoles:** Suelos depositados por el agua, con pocas modificaciones.
- Regosoles:** Suelos delgados que se asientan sobre materiales no consolidados, caracterizados por presentar texturas gruesas en relieves llanos y tienen pH de neutro a ligeramente alcalino, posee moderado potencial para la producción agropecuaria, desde el punto de vista de fertilidad no tienen ni conservan altos niveles. Estos suelos caracterizan a los observados en la finca Bolivia. En Guatemala éstos suelos se ubican en las planicies aluviales y en abanicos aluviales de los fluvios volcánicos que recorren la costa del Pacífico.(3,28)
- Arenosoles:** Suelos formados por deposiciones aluviales con sus mayores componentes de arena.
- Gleysoles:** Horizontes moteados o reducidos, debido a la humedad.
- Rendzinas:** Suelos poco profundos sobre roca caliza.
- Andosoles:** Cenizas volcánicas con superficies oscuras.
- Vertisoles:** Suelos inversores y autoabandonados, ricos en arcilla montmorillonita.
- Yemosoles:** Suelos desérticos.
- Xerosoles:** Suelos secos de regiones semiáridas.
- Solonchaks:** Acumulación de sal soluble.
- Solonets:** Suelos con alto contenido de sodio.
- Planosoles:** Contacto brusco entre los horizontes A Y B.
- Catanozems:** Color superficial de castaña, vegetación esteparia.

- Chemozems:** Superficie negra, alto contenido de humus bajo vegetación de pradera.
- Feozems:** Superficie oscura, más lixiviada que la catanozems y los chemozems.
- Cambisoles:** Suelos de color claro, cambio de consistencia o estructura debido a la intemperización.
- Luvisoles:** Suelos con contenido mediano a alto de bases con horizontes arcillosos.
- Podsoluvisoles:** Horizontes lixiviados que penetran en horizontes B arcillosos.
- Podzoles:** Horizontes aluviales de color claro y acumulaciones en el subsuelo de hierro, aluminio y humus.
- Acrisoles:** Suelos sumamente intemperizados con horizontes arcillosos.
- Nitsoles:** Bajo CIC de arcilla en horizontes arcillosos.
- Ferrasoles:** Arcilla rica en sesquióxidos.
- Histosoles:** Suelos orgánicos.
- Litsoles:** Suelos poco profundos sobre roca dura.

### C. Sistema completo de clasificación de suelos de los Estados Unidos.

En la actualidad se utiliza en los Estados Unidos, un sistema de clasificación que se encuentra por encima del nivel de categorías de las series de suelos. Una de las principales diferencias entre este sistema y los otros se encuentra en la definición de los taxones. Las características de diferenciación escogidas son propiedades de los suelos mismos, que incluyen la temperatura y la humedad (estado de humedad durante todo el año), la génesis no se utiliza, excepto como guía para determinar la pertinencia y sopesar las propiedades de los suelos. (3)

Se consideró esencial un conjunto completamente nuevo de nombres para los taxones por encima del nivel de las series de suelos. Así se ha establecido una nueva nomenclatura utilizando principalmente raíces latinas y griegas clásicas.(3)

Los nombres tienen connotaciones hasta donde es factible y los de las categorías superiores se pueden traducir con facilidad a los idiomas europeos, además de que son relativamente breves. Un elemento formativo de cada una de las categorías superiores, se lleva a continuación hasta la categoría de familia, incluyéndola, de modo, que con una pequeña excepción, se pueden hacer diversas afirmaciones sobre las propiedades de los suelos, simplemente mediante el análisis de su nombre.(3)

El sistema contiene seis categorías. Desde el nivel más alto al más bajo de generalización, son: Orden, Sub-orden, Gran Grupo, Sub-Grupo, Familia y Serie. (3)

Se reconocen once órdenes respectivamente: Inceptisoles, Vertisoles, Entisoles, Aridisoles, Molisoles, Espodosoles, Alfisoles, Ultisoles, Oxisoles, Histosoles y Andisoles. Cada orden ha sido dividido en sub-órdenes con base a las características que parecen producir máxima homogeneidad genética (características de humedad, temperatura, clima, vegetación, así como propiedades químicas y mineralógicas ayudan a determinar el suborden). (3)

El gran grupo se encuentra definido dentro de su respectivo sub-orden en base principalmente a la

presencia o ausencia de horizonte diagnóstico y al arreglo de éstos horizontes, los nombres del gran grupo se forman adicionando a manera de prefijo uno o más elementos formativos al nombre del sub-orden. (3)

Los sub-grupos son divisiones de los grandes grupos; el concepto típico o central de un gran grupo constituye un sub-grupo (el típico), el nombre del sub-grupo consiste en el nombre del gran grupo, modificado por uno o más adjetivos; cuando el sub-grupo representa el concepto central del gran grupo, se utiliza el adjetivo típico.(3)

Las familias son diferentes dentro de los sub-grupos, con base principalmente en propiedades que son importantes para el crecimiento de las plantas, la diferenciación de familias se puede hacer por granulometría, entre otros. Su nombre está de acuerdo a los nombres de las varias clases de propiedades usadas como criterio de diferenciación.(3)

La serie es una colección de individuos de suelo, esencialmente uniformes en características de diferenciación y en el arreglo de los horizontes; los nombres de series tienen significado local, identifican el sitio particular donde se encontró el suelo. (3)

#### D. Sistemas de clasificación de tierras con base en su capacidad de uso

Se han desarrollado diferentes métodos de clasificación de uso de la tierra como pueden mencionarse: clasificación de suelos con fines para riego (USBR, 1960), la metodología de clasificación de la tierra con base en su capacidad de uso (USDA 1961), la metodología de clasificación de tierras según T.C. Sheng (1971) que cuenta con unas 5 a 7 modificaciones, la cual utiliza solamente las variables pendiente del terreno y profundidad del mismo ubicándolos en siete clases y cuatro subclases, clasificación de los suelos con base en su capacidad de fertilidad (1,973), clasificación del Centro Científico Tropical, Costa Rica (CCT 1,985); que es una modificación de la metodología de clasificación USDA y la metodología de clasificación de la FAO (1981).<sup>3</sup>

##### - Sistema norteamericano de clasificación de tierras.

Este es un sistema estándar de clasificación de tierras, según su aptitud productiva y hace uso de todas las características de un terreno, las cuales pueden tener acción significativa.(29)

La clasificación de capacidad de uso, muestra la aptitud relativa de los suelos para los cultivos, el pastoreo y otros propósitos. Se basa en las necesidades y limitaciones de los suelos, el peligro de dañarlos y su respuesta al manejo.(29)

El agrupamiento más amplio es el de las clases, de las cuales hay ocho, y se expresan con números romanos. Todos los suelos tienen limitaciones y problemas de manejo casi de la misma categoría pero pueden ser de diferente grado.(29)

<sup>3</sup>. FUENTE: Apuntes del curso de Génesis y Clasificación de Suelos, junio 1995.

El agrupamiento siguiente, la sub-clase, se usa para indicar el género predominante de limitación dentro de una clase tal como susceptibilidad a la erosión o humedad excesiva.(29)

Las ocho clases de capacidad de uso se establecen de la manera siguiente:(29)

- a. Tierra aptas para la agricultura (también para pastos y bosques), son de las clases I, II, III, IV.
- b. Tierras no aptas para la agricultura, pero aptas para pastos, bosques, incluyen las clases V, VI y VII.
- c. Tierras no aptas para la explotación agrícolas, ganadería y forestal pero aptas para la vida silvestre: Clase VIII.

Las sub-clases: en algunas áreas, las clases de capacidad de uso, se dividen en sub-clases, para mostrar limitaciones importantes(29)

| NIVEL     | SIMBOLO | FACTOR                  |
|-----------|---------|-------------------------|
| Sub-clase | e       | Erosión                 |
| Sub-clase | w       | Humedad excesiva        |
| Sub-clase | s       | Somero-pedregoso.       |
| Sub-clase | c       | Limitaciones climáticas |

La unidad de capacidad de uso es un grupo de tipos de suelos o de fases de tipos que tienen productividad similar, limitaciones parecidas y que requieren un manejo semejante.(25)

#### - Clasificación de los suelos con base en su fertilidad (CCF)

Esta clasificación técnica de suelos la han desarrollado científicos de la Universidad de Carolina y sus autores son los siguientes: S.W. Buol, P.A Sánchez, R.B. Cate, M.A. Granjer y W. Couto.(28)

El esquema de clasificación fue propuesto inicialmente en 1973 y la nueva versión se ha publicado en 1982. Entre los propósitos para el desarrollo de ésta clasificación se pueden mencionar:(28)

- a) Tener un medio de relación entre las ciencias del suelo, que vinculen los aspectos de clasificación y fertilidad de los suelos.
- b) Interpretar las características de los suelos a partir de mapas con clasificaciones naturales o técnicas, de tal forma que se facilite la elaboración de planes de manejo de suelos.

Esta clasificación de los suelos consta con tres niveles que son:(28)

- Tipo: Corresponde a la textura superficial del suelo.
- Subtipo: Es la textura del suelo subsuperficial. Utilizado solo si existe cambio de textura o capa dura que impide el desarrollo radicular dentro de los primeros 50 cm.
- Modificadores: Comprende un total de 15 características físicas y químicas y que tienen relación con el manejo de los suelos. (28)

#### 4.1.5. Fotointerpretación: Una herramienta en levantamiento de suelos:

Una fotografía aérea no es un mapa, sino una perspectiva de una porción de la superficie terrestre. Como toda perspectiva, no tienen una escala uniforme del terreno, y no se puede, por lo tanto, hacer sobre ellas medidas precisas de distancias y dirección. Además de las distorsiones propias de la perspectiva, existen los errores resultantes de la inclinación, diferencia de elevación y los inherentes a la fotografía. A pesar de todo lo anterior y en contraste con los mapas hechos por medio de métodos terrestres, las fotografías aéreas muestran mayor detalle del terreno, permiten una vista tridimensional de las características y constituyen un método económico para la obtención rápida de material base para el estudio de grandes áreas o regiones inaccesibles. No obstante, es necesario realizar observaciones de campo para corregir la interpretación y estudiar las características de los suelos que son importantes e imposibles de observar en la fotografía. (24)

Vink, citado por Gómez García (13), indica que: "la fotointerpretación es una herramienta importante en levantamiento de suelos, deberá ser aplicada, sin embargo, de manera sistemática siguiendo los métodos que han sido desarrollados para éstas".

Esencialmente, en los estudios de suelos, se utilizan dos sistemas: Análisis de elementos y análisis fisiográfico. (24)

En el análisis de los elementos se estudian los mismos a través de sus características de grado o densidad, tipo o forma, regularidad o irregularidad, sitio o localización geográfica y para fines prácticos se distinguen tres agrupaciones de elementos: (24)

- a) Elementos relacionados con morfología del terreno: Que comprende; tipos de tierra, relieve, pendiente, patrón de drenaje, patrón de vertientes, ríos, arroyos, caños.
- b) Elementos relacionados con aspectos especiales del terreno: como estratigrafía, formas de cárcavas, patrón de cárcavas, color de la superficie de la tierra, condiciones de agua y drenaje.
- c) Aspectos relacionados con la vegetación de lugar.
- d) Elementos relacionados con aspectos humanos específicos: principalmente referidos a obras de infraestructura. (24)

El análisis fisiográfico basa su conocimiento de la relación existente entre la fisiografía y los suelos, lo que podría definirse como un análisis de los procesos más que de fenómenos de tal manera que los fenómenos son traducidos en términos de procesos que los originaron y que continúan actuando. Los procesos fisiográficos más importantes en relación con los suelos son: Sedimentación (aluvial, lacustre, marina, eólica, volcánica y glacial) y Erosión (Agua, viento, hielo, solventes químicos, etc. que originan diferentes tipos de erosión: laminar, en surcos, en cárcavas, eólica, glacial, movimientos de masa, deslizamientos, etc.). (13)

#### 4.1.6. Niveles de levantamientos de suelos

Existen diferentes niveles de estudio los cuales se determinan de acuerdo a: estudios efectuados con anterioridad, objetivos que se persiguen y características del área, y se caracterizan por la intensidad del trabajo de campo, trabajo de gabinete y la escala de publicación del mapa, en términos generales se conocen tres niveles de levantamientos, de reconocimiento, semidetallado y detallado. (22,29)

##### 4.1.6.1. Reconocimiento

Cuando se desea conocer en forma general, los suelos de un área, región o país y sirve para identificar áreas que necesitan de estudios más profundos, así como para planificación del uso de la tierra. Se requieren de las condiciones siguientes: fotografías y mapas básicos a usar en escala de 1:70,000 a 1:400,000, densidad promedio de observaciones detalladas (calicatas) de .01 a 0.33 km<sup>2</sup>, 0.66 observaciones de identificación (barrenamientos) por km<sup>2</sup>, extensión mínima de las unidades de mapeo de 25 a 625 ha y la escala de publicación del mapa de 1:100,000 a 1:400,000. (22,29)

##### 4.1.6.2. Semidetallado

Se realizan en áreas que presentan potencial para uso agrícola, se hace con fines catastrales, para proyectos generales de uso y manejo de la tierra (uso agroforestal, proyectos de asentamientos campesinos, riego y drenaje). Las especificaciones para este tipo de levantamiento son: mapas o fotografía aérea en escala mayor de 1:40,000 a 1:20,000, densidad promedio de observaciones detalladas de 1 por km<sup>2</sup>, 4 observaciones de identificación/km<sup>2</sup>. Estos estudios se realizan a Escala 1:50,000 a 1:20,000. (22,29)

##### 4.1.6.3. Detallados

Estos levantamientos se justifican en áreas de alto potencial agrícola que requieren un conocimiento profundo del suelo, tales como: Agricultura intensiva, áreas donde se diseñarán proyectos de riego y drenaje o en áreas destinadas a estaciones experimentales (Muy Detallados). Este levantamiento se debe ajustar a las especificaciones siguientes: mapas o fotografía aéreas básica en escala de 1:20,000 o mayor densidad promedio de observaciones detalladas de 15 por Km<sup>2</sup> y la escala de publicación del mapa 1:10,000 en promedio (1:2,000 a 1:20,000). (22,29)

La metodología del levantamiento fisiográfico-geomorfológico, en la cual se fundamenta la presente investigación, permite la definición precisa de las unidades de suelo que comparten similitudes en sus características externas y de alguna manera las internas a través del estudio de vegetación existente, así mismo de los procesos que los originaron, por lo que la intensidad de muestreo para el estudio de las características internas del suelo es reducida grandemente, por consiguiente, los costos de ejecución son más bajos, siendo eficaz esta metodología en proyectos de levantamientos de suelos en donde la limitante lo constituyen los recursos económicos.

## 4.2. MARCO REFERENCIAL

### 4.2.1. Ubicación Natural:

La superficie geográfica en estudio se encuentra localizada en la región fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico, específicamente sobre las terrazas de la llanura aluvial del desborde del río Naranjo.

### 4.2.2. Localización Geográfica:

La Finca Bolivia se encuentra localizada en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla en las coordenadas siguientes: Latitud Norte 14° 04' 04" y Longitud Oeste 90° 96' 04". Cuenta con acceso directo a través de la autopista que comunica Escuintla a Puerto Quetzal a altura del kilómetro 85. La finca Bolivia colinda al Norte con la finca Bariloche, al Sur con la finca San Martín, Albania, al Este con la finca Paso, San Antonio y al Oeste con la finca Aurora y Naranjo. Ver Figura 1: Mapa de localización geográfica de la finca Bolivia. (14)

### 4.2.3. Hipsometría:

La finca Bolivia se encuentra entre las cotas 22 y 33 msnm. (14)

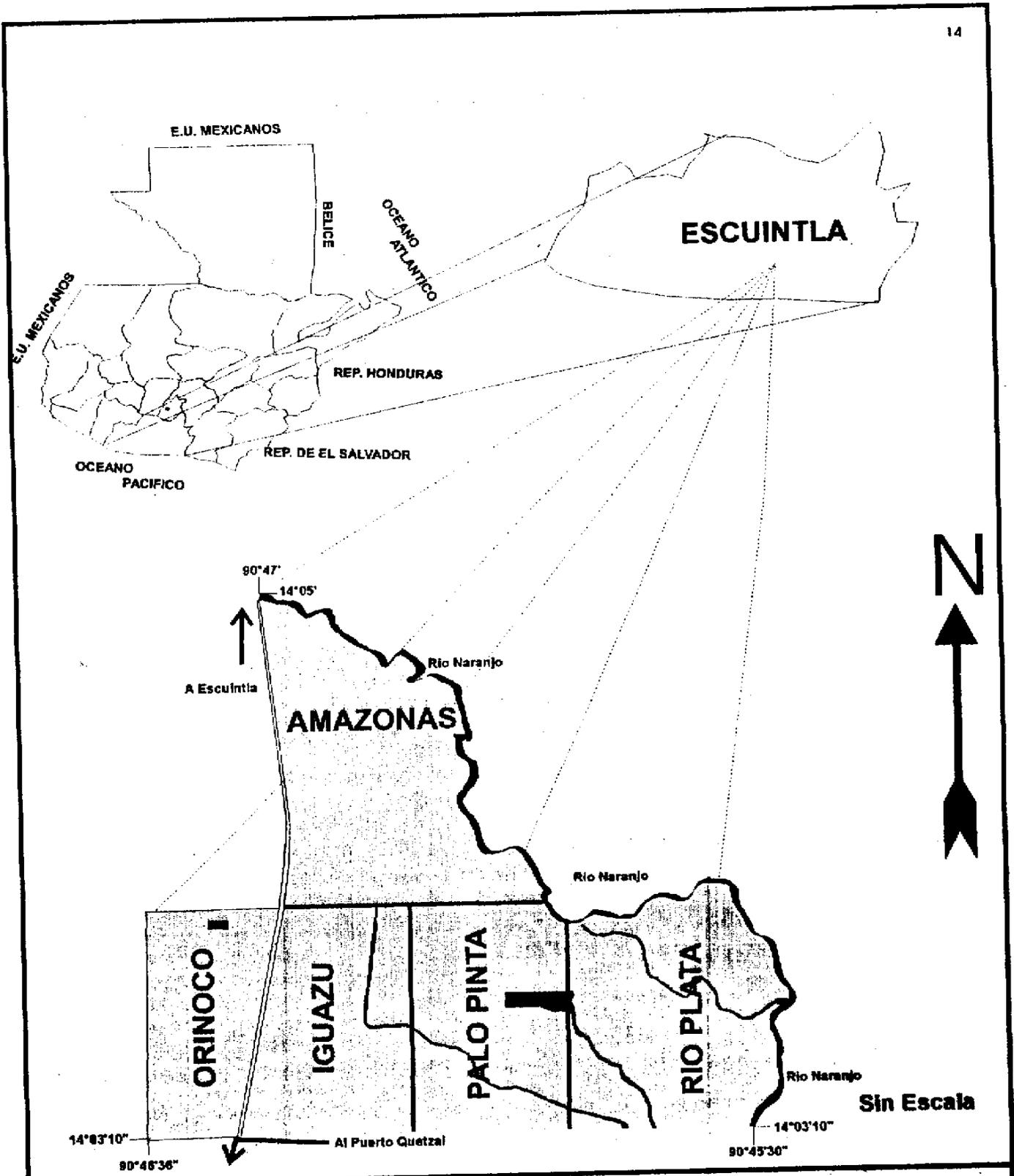
### 4.2.4. Superficie:

La finca Bolivia, por aspectos administrativos se encuentra dividida en cinco subunidades productivas denominadas: Amazonas con 348 ha; que se localiza en la cabecera Norte de la finca Bolivia; Orinoco con 212 ha; que se encuentra al Oeste después de la autopista que comunica al puerto Quetzal-Escuintla; Iguazú con 276.45 ha, la cual se encuentra al Oeste de la autopista seguida de Orinoco, Palo Pinta con 294.42 ha, que se ubica al centro de la finca Bolivia y Río Plata con 350.5 ha; que se ubica en el extremo Este de la finca Bolivia. El Area total que ocupa la finca lo constituyen 1481.37 ha, relieve plano y pendiente general de 1.5 m por 1000 m.

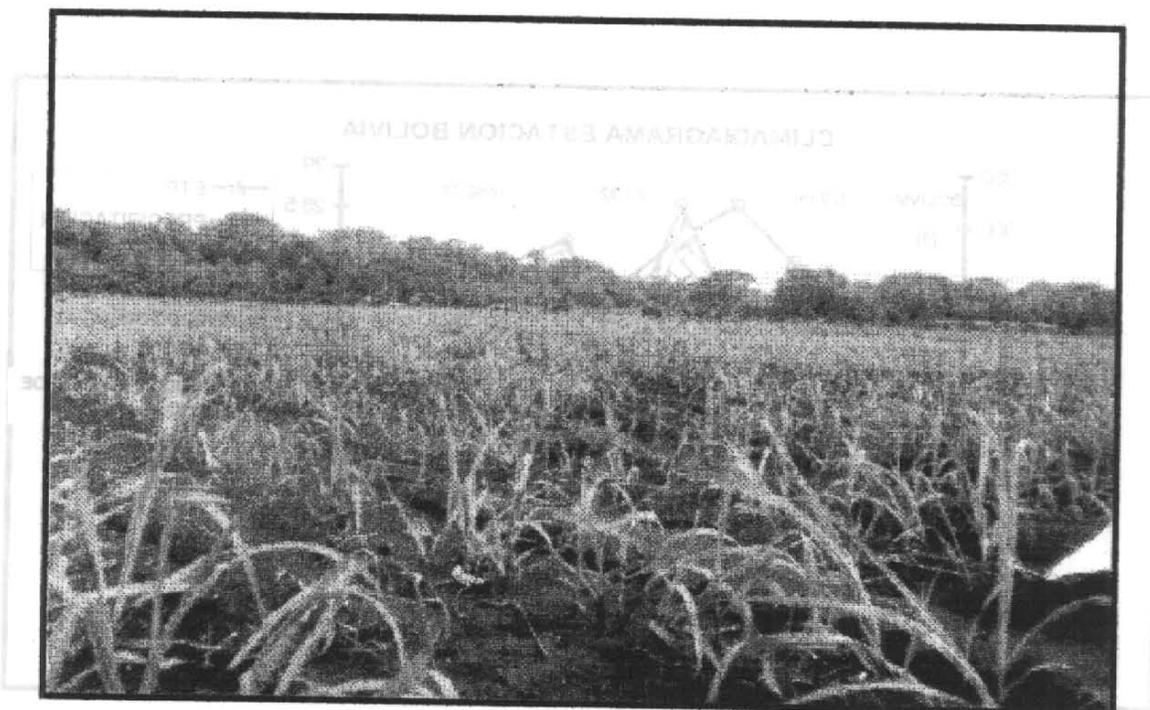
### 4.2.5. Recursos Naturales

#### 4.2.5.1. Clima

El área bajo estudio, se encuentra localizada dentro de la franja del Bosque Húmedo Subtropical Cálido y según el mapa climatológico sistema Thornthwaite es un clima cálido sin estación fría bien definida, con temperatura promedio de 27.32 °C, de condición húmeda con invierno seco, en donde la estación lluviosa comienza en abril y finaliza en noviembre, con un régimen de precipitación de promedio anual de 1640.73 mm y evapotranspiración potencial de 1600 mm (ver figura 2 y figura 3. Climadiagrama). (15,18)



**FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA**  
**GRUPO CORPORATIVO INGENIO SANTA ANA**  
**DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO**



*Figura 2. Ambiente natural de la Finca Bolivia, Bosque Húmedo Subtropical Cálido con una estación seca bien definida y cambios de temperatura no mayores de 5 °C de la estación seca a la Lluviosa.*

#### 4.2.5. 2. Suelos:

Los suelos de la finca Bolivia se originan de depósitos aluviales del río Naranjo de materiales volcano-clásticos terciarios (cenizas y arenas volcánicas) y materiales laháticos.

Con base al mapa de suelos de Simmons at. el. los suelos se encuentran clasificados en la serie suelos Tiquisate Migajón y de acuerdo al estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala se presentan suelo Molisoles del Complejo Pacífico-Balcanes (PD\_BA)p de la familia Fluventic Hapludolls franca gruesa. Según el mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, los suelos se encuentra clasificados en la Clase III, caracterizada por suelos poco profundos, presentan pendiente moderada, con limitaciones para la mecanización, drenaje deficiente, apto para cultivos de la región bajo prácticas intensivas de conservación de suelos. (5,16,26)

#### 4.2.5. 3. Agua

La finca Bolivia se localiza en la parte media de la subcuenca del río Naranjo, cuyos afluentes lo componen el río la Virgen, río Cueros, quebrada El Perol, quebrada El Comedero, quebrada El Hacha, zanjón La Pozas y dentro de la finca se forma el zanjón Las Malicias que componen la parte alta de la Llanura Aluvial del río María Linda. (14)

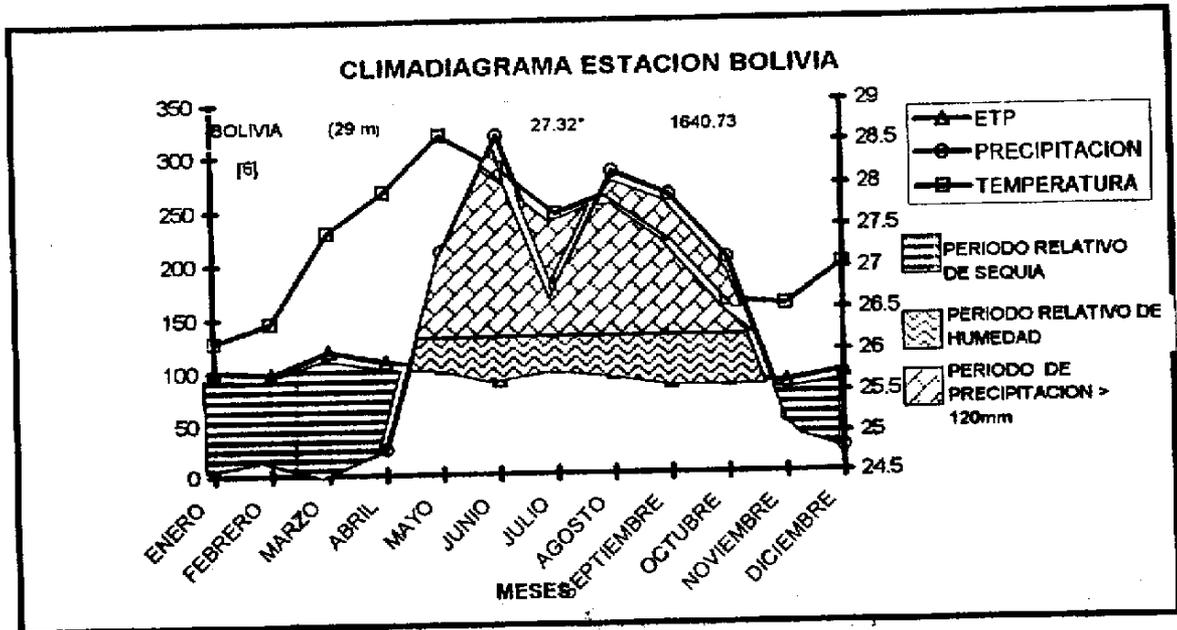


Figura 3. Climadiagrama local de la finca Bolivia, Masagua, Escuintla

#### 4.2.5. 4. Bosque

El Bosque se encuentra conformado por especies tropicales características de la región, latifoliadas entre las principales se puede mencionar: Caoba (*Swietenia humilis*), ceibillo (*Ceiba aescutifolia*), psiquin (*Albizzia caribaea*), mangle blanco (*Avicennia nitida*), entre otras.

#### 4.2.6. Aspectos Socioeconómicos:

##### 4.2.6. 1. Población:

La fuerza de trabajo que la finca Bolivia requiere para sus actividades agrícolas al igual que las fincas aledañas, proviene de los habitantes de la aldea Obero y el parcelamiento Cuyuta, quienes son propietarios de pequeñas parcelas dedicadas al cultivo de maíz, árboles frutales, producción pecuaria familiar (aves, cerdos y ganado vacuno), caza y pesca, pero principalmente dependientes de su fuerza de trabajo.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL:

- 5.1.1. Realizar el levantamiento detallado de los suelos de la finca Bolivia, Masagua, Escuintla, con la aplicación del sistema taxonomía de suelos y la capacidad de uso de la tierra, a efecto de derivar información que sustente la planificación del uso sustentable del recurso suelo.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 5.2.1. Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos para aplicar el sistema de clasificación taxonómica de los suelos.
- 5.2.2. Determinar el uso y la capacidad de uso de la tierra de la finca Bolivia con base en la metodología del sistema USDA de clasificación de tierras y sistema de clasificación de los suelos con base a su capacidad de fertilidad.
- 5.2.3. Realizar el estudio del uso actual del recurso suelo, del manejo tecnológico y producción de la finca Bolivia.
- 5.2.4. Recomendar y establecer en cada unidad de mapeo de uso de la tierra definida, un sistema de manejo y uso sustentable de la tierra, basado en los aspectos siguientes:
- Uso y manejo de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar.
  - Manejo del agua para riego.
  - Adecuación de labores mecanizadas del suelo, para la conservación de sus propiedades físicas y químicas.
  - Uso y conservación de la materia orgánica en los suelos.

## 6. MARCO METODOLOGICO

### 6.1. FASE DE GABINETE PRELIMINAR:

#### 6.1.1. Metodología del Levantamiento Fisiográfico:

##### 6.1.1. 1. Delimitación de la zona de estudio:

Fase dedicada a la obtención de información sobre el área de estudio y su ubicación geográfica haciendo énfasis en el Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala realizado por la Compañía del Campo Ltda y Cengicaña.

##### 6.1.1. 2. Obtención, análisis e interpretación de la información y producto de sensores remotos:

Mapas temáticos; mapa geológico, de suelos (estudio de suelos de Compañía del Campo Ltda ), de clima, vegetación y topográficos. Obtención de fotografía aérea en escala 1:30,000 ampliaciones de las fotografías R-2 L-5B # de fotos: 224 y 225 (pares estereoscópicos) correspondientes a la zona bajo estudio fotografiada en febrero de 1991.

##### 6.1.1. 3. Fotointerpretación detallada y recorridos de campo:

###### A. Delimitación unidades fisiográficas:

La definición de las unidades fisiográficas-geomorfológicas de la finca Bolivia por fotointerpretación, la escala de la fotografía aérea fue la siguiente:

Fotografía aérea escala 1:30,000 (ampliaciones de la escala original de fotografía 1:60,000).

###### B. Descripción de unidades fisiográficas:

La descripción de las unidades fisiográficas se realizó en términos fisiográficos, geomorfológicos, cubierta vegetal.

###### C. Área mínima cartografiable:

Con base en el trabajo de la Escala fotográfica 1:30,000, el área mínima cartografiable fue 0.25 cm y superficie mínima de 10 hectáreas.

###### D. Materiales:

Mapas topográficos de la finca Bolivia, estereoscopio de espejos para fotointerpretación, fotografías aéreas escala 1:30,000 (pares estereoscópicos), marcadores de colores, películas transparentes (acetatos), lápices.

## **6.2. FASE DE CAMPO:**

### **6.2.1. Fase de Reconocimiento y Verificación de la Fotointerpretación:**

En ésta fase se realizó un recorrido por la finca para la corroboración de datos de los elementos del paisaje y verificación de límites de las unidades fisiográficas-geomorfológicas del patrón de distribución de suelos, las que se realizaron en forma cualitativa a través de las condiciones del cultivo y en forma directa a través de barrenamientos.

### **6.2.2. Muestreo de los Suelos:**

#### **6.2.2.1. Localización de los puntos de muestreo:**

El muestreo de suelos se realizó a través de transectos en dirección de la pendiente o línea natural de drenaje de las unidades Fisiográficas de los suelos de la finca.

#### **6.2.2.2. Apertura de calicatas:**

Estas se realizaron con las dimensiones siguientes:

Para el estudio de perfil con fines de clasificación taxonómica:

1.00 m por 2.00m (largo por ancho) y de 1.60 m de profundidad (variable).

Para el estudio de la fertilidad de los suelos dentro de las unidades cartográficas las dimensiones fueron:

1.00 m por 1.00 m y profundidad variable considerando los horizontes superficiales (horizontes genéticos; A y B) cubriendo el área de mayor influencia radicular del cultivo (caña de azúcar).

#### **6.2.2.3. Descripción y toma de muestras del perfil:**

Se realizó la descripción del perfil utilizando el formato HT-1-84, adaptación de la guía para descripción de perfiles de la FAO (1977).

Con fines de fertilidad se tomaron dos muestras, del horizonte A y B (profundidad variable 40-70 cm), la intensidad del muestreo de los perfiles del suelo de las diferentes unidades fisiográficas-geomorfológicas, con fines de clasificación taxonómica y de fertilidad de los suelos fue de 1 muestra por 7-10 ha (1 muestra/8 ha) o sea de 11-14 observaciones detalladas por Km<sup>2</sup>.

### 6.3. FASE DE LABORATORIO

#### 6.3.1. Análisis Físico-Químico de Laboratorio:

Las muestras de suelos fueron secadas al aire, tamizadas y homogeneizadas, para proceder a su posterior análisis, en el laboratorio de suelos de Cengicaña y Laboratorio de suelo, agua y planta "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía, USAC; en donde se realizaron los análisis físicos y químicos siguientes:

| ANALISIS   | DETERMINACION.   |
|--|--|
| 1. Granulometría *                                     | - Método de Bouyucos, Hidrómetro calibrado a 68°F.   |
| 2. Densidad **   | - Método de probeta.   |
| 3. Capacidad de retención de Humedad a 33 y 1500 Kpa** | - Plato de cerámica de alta y baja presión.  |
| 4. Color del Suelo*                                    | - Tabla Munsell , color en suelo seco y húmedo.  |
| 5. pH  | - Potenciómetro. Relación 1:1 * y NaF**  |
| 6. Cationes cambiabiles                                | - Extracción con acetato de amonio 1.0 N, pH=7, lectura con espectrofotómetro de absorción atómica.(*,**)                                      |
| 7. CIC   | - Extracción iónica con NaCl al 10 %,destilación por semi-microkjendahl y valoración con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.01 N* y CIC Total.** |
| 8. Carbono Orgánico*                                   | - Digestión de dicromato ácido y valoración con FeSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O y determinación del contenido de materia orgánica.         |
| 9. Elementos extraibles                                | - Método de Carolina del Norte( *,**)  |
| 10. Análisis mineralógico                              | - Unicamente a las muestras provenientes de las calicatas detalladas general.**  |

\* Laboratorio de Suelos de Cengicaña

\*\* Laboratorio de Análisis de suelo, planta y agua "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, USAC.

\*,\*\* Análisis realizados en Cengicaña y en la FAUSAC.

#### 6.4. FASE DE GABINETE FINAL

Con los datos de campo y laboratorio se procedió a:

- 6.4.1. Ordenar e Interpretar los resultados del análisis físico y químico de las muestras de suelos con fines de fertilidad.
- 6.4.2. Determinar la clasificación taxonómica de los suelos mediante claves para la taxonomía de los suelos hasta nivel de familia con base a clases de tamaño de partículas (6).
- 6.4.3. Determinar la clasificación agrológica de acuerdo al sistema USDA y técnica de capacidad fertilidad (guía de clasificación capacidad-fertilidad de los suelos). (24)
- 6.4.4. Corregir y elaborar el mapa base de la fotointerpretación con la ayuda de mapas topográficos de la finca.
- 6.4.5. Trasladar la información de las fotografías aéreas a un mapa base y elaborar el mapa de capacidad de uso de la tierra.
- 6.4.6. Cuantificar las áreas de las unidades de suelo y editar los mapas generados es a escala 1:19,000.
- 6.4.7. Realizar el estudio de uso actual de los suelos de finca a través de la fotointerpretación y verificación a nivel de campo, complementado con:
  - Manejo tecnológico actual del cultivo de la caña de azúcar en la finca Bolivia.
  - Análisis de los rendimientos de caña de azúcar en la finca Bolivia.
  - Historial de manejo tecnológico (labores mecanizadas, riego, fertilizaciones), producción y variedades cultivadas en las distintas unidades de mapeo establecidas en finca.
- 6.4.8. Elaborar recomendaciones para la planificación de el uso y manejo del recurso suelo a nivel de finca, apoyados con la información del inciso 6.4.7. y la obtenida mediante el estudio de las propiedades físicas y químicas de los suelos, fertilidad, capacidad de labranza, productividad, en los aspectos siguientes:
  - Manejo del agua de riego
  - Manejo de fertilizantes
  - Regulación de las actividades de mecanización del recurso suelo.
  - Labores para el manejo y conservación de materia orgánica en el suelo.

## 7. RESULTADOS

Los resultados que se presentan constituyen la integración de las distintas fases del levantamiento de suelos. Mediante la metodología del levantamiento fisiográfico-geomorfológico, se determinaron 16 unidades fisiográficas-edaforológicas (figura 4), como siguen:

**Cuadro 1. Leyenda Fisiográfica de las Unidades Naturales de Los Suelos de la Finca Botivia, Masagua, Escuintla.**

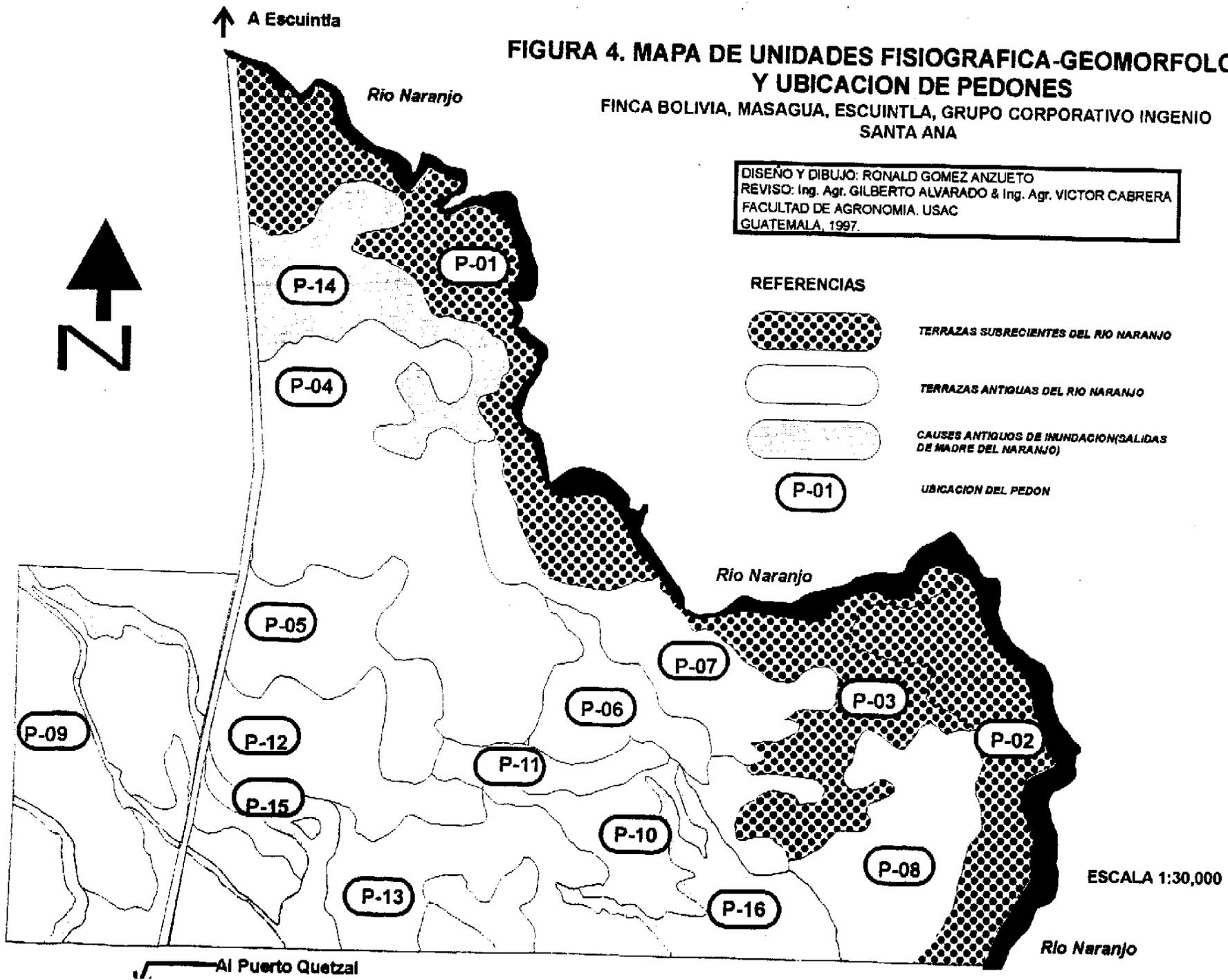
| PROV. GEOLOGICA   | REGION FISIOGRAFICA            | GRAN PAISAJE                      | PAISAJE                                       | SIMBOLO | CLASIFICACION                                |            |           | AREA ha | # AREA |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|---|---------|--|------------|-----------|---------|--------|
|   |                                |                                   |   |         | TAXONOMICA                                   | AGROLOGICA | CAP-FERT* |         |        |
| LLANURA COSTERA Qv Qa                                   | LLANURA COSTERA DEL PACIFICO A | Llanura Aluvial del Río Naranjo 1 | 1. cause                                      | A.1.1.  | -----  | -----      | -----     | 63.64   | ---    |
|   |                                |                                   | 2. Terrazas Subrecientes                      | A.1.2.  | Vertic Hapludolls francosa fina              | II         | LLvk      | 151.40  | 10.22  |
|   |                                |                                   |   |         | Vertic Hapludolls francosa fina              | II         | LLvkg     | 91.88   | 6.20   |
|   |                                |                                   |   |         | Eutropeptics Rendolls francosa gruesa        | IIIIs      | LS'dk     | 54.97   | 3.71   |
|   |                                |                                   | 3. Terrazas Antiguas                          | A.1.3   | Fluventic Hapludolls francosa                | IIw        | SSgk      | 215.83  | 14.57  |
|   |                                |                                   |   |         | Fluventic Hapludolls francosa                | IIIs       | LSdb      | 68.11   | 4.60   |
|   |                                |                                   |   |         | Fluventic Hapludolls francosa fina           | II         | LLgk      | 73.40   | 4.95   |
|   |                                |                                   |   |         | Fluventic Hapludolls Francosa Gruesa         | IIIs       | LSdb      | 82.76   | 5.59   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls franca                     | IIw        | LLkg      | 68.81   | 4.65   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls francosa fina              | II         | LLk       | 148.06  | 9.90   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls francosa fina              | III        | LSkdb     | 45.87   | 3.10   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls francosa fina              | IIIIs      | LSkdb     | 23.64   | 1.60   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls francosa gruesa            | IIw        | LLgk      | 116.24  | 7.85   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Argialbolls francosa gruesa            | IIIIs      | SLkd      | 157.18  | 10.61  |
|   |                                |                                   | 4. Causes Antiguas (Salidas de Madre del Río) | A.1.4   | Typic Ustosaments Limosa gruesa s/fragmental | IIIs       | Lsde      | 81.59   | 5.51   |
|   |                                |                                   |   |         | Typic Usthorrents arenosa                    | IV         | SSdx      | 48.88   | 3.30   |
| Typic Ustochrepts francosa fina pomera sobre Fragmental | V                              | LS'db                             |   |         | 58.18  | 3.56       |           |         |        |

\*Capacidad de Fertilidad

# FIGURA 4. MAPA DE UNIDADES FISIOGRAFICA-GEOMORFOLOGICAS Y UBICACION DE PEDONES

FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO SANTA ANA

DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO  
 REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC  
 GUATEMALA, 1997.



## 7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES FISIOGRAFICAS-GEOMORFOLOGICAS

### A. Llanura costera del Pacífico

La región bajo estudio se encuentra ubicada dentro de lo que corresponde a la región fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico, compuesta por el material aluvial Cuaternario depositados en la plataforma continental por los fluvios volcánicos antiguos que recorren el área desde el altiplano volcánico.

#### A.1. Llanura Aluvial del río Naranjo:

La finca Bolivia se ubica dentro de la llanura aluvial del río Naranjo, cuyos procesos dinámicos de deposición de materiales; ha dado lugar a la formación de los suelos que de acuerdo con sus características fisiográficas-geomorfológicas, se determinaron las unidades de mapeo siguientes:

##### A.1.1. Cause actual del río Naranjo

Esta unidad ocupa una extensión de 24 ha, inicia desde la parte Norte de la finca y sirve como límite de la finca Amazonas con las fincas circunvecinas (finca Bariloche, finca el Jardín y la finca Paso Antonio) y se prolonga hasta la parte Sudeste de la misma. Sus componentes son: el cause propiamente dicho, así como el bosque que se sitúa a las márgenes del mismo y actualmente confinado a su cause a través de sistemas de bordas y diques para prevención de inundaciones.

##### A.1.2. Terrazas Subcrecientes del río Naranjo

Consisten las unidades de suelos de mas reciente influencia por los procesos de inundación del río Naranjo, en el que se diferencian las unidades de suelos siguientes:

### - Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Amazonas (Pedón P-01)

#### Descripción del Pedón P-01

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Al Noroeste de la subunidad productiva de Amazonas, ubicada en el lote 15 en las coordenadas 14°03'53" Latitud Norte y 90°45'45" Longitud Oeste. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Posición:                 | Terraza subcreciente de inundación del Río Naranjo.  |
| Elevación:                | 29 msnm  |
| Pendiente:                | 1 % al Sudeste.  |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de Azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Régimen de humedad:       | Údico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isoperiódico.  |
| Material original:        | Deposiciones aluviales y materiales lahéricos.   |
| Drenaje:                  | Bien drenado superficial e internamente.   |
| Epipedón:                 | Mólico.  |
| Clasificación taxonómica: | Vertic Hapludolls francosa fina.   |

## Descripción del Perfil del Pedón P-01

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0-30        | Pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 4/2), negro (10YR 2/1) en húmedo, arcilloso, consistencia en seco extremadamente duro con formación de bloques hasta de 30 cm por 30 cm. Resistente a la deformación, con grietas hasta de 20 cm de profundidad, consistencia en húmedo friable ligeramente adhesivo y muy plástico en mojado, estructura en bloques subangulares medianos, fuerte en seco y mediano en mojado.  |
| A1        | 30-60       | Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco y gris muy oscuro en húmedo (10YR 3/1), franco-arcilloso, consistencia en húmedo friable y en mojado presenta una adhesividad ligera y plástico, estructura tipo bloques subangulares de clase media debido a esto presenta un automulmiento de los bloques grandes de suelo.   |
| B         | mayor de 60 | Gris pardusco claro en seco (10YR 6/2) y pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR 4/2) textura franca limosa, consistencia en húmedo muy friable, estructura en bloques subangulares con tamaño medio de los agregados y grado medio de resistencia a la desintegración, a este nivel se encontró alta porosidad que facilita el drenaje interno en forma rápida (con presencia de tubos hasta de 3 mm. de diámetro), a los 98 cm. de superficie se formó un espejo de agua debido a la interrupción de los macroporos de drenaje del suelo el cual no constituye precisamente el nivel freático. |

## Análisis Físico-Químico del Pedón P-01

**Cuadro 2. Análisis Físico del Pedón P-01 de las Terrazas Subcrecientes del Río Naranjo en Amazonas.**

| PROF  | Hte | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL   | RETENCIÓN DE<br>HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|-----|-----------------------------|-------|--------|---------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |     | Arcilla                     | Limos | Arenas |                     | 33 Kpa                  | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-30  | Ap  | 05.33                       | 35.63 | 39.04  | Franco              | 45.88                   | 29.88    | 2.00                              | 1.11     | 44.5                   |
| 30-60 | A1  | 28.90                       | 36.65 | 34.45  | franco<br>arcilloso | 38.71                   | 22.16    | 2.16                              | 1.11     | 48.61                  |
| 60->  | B   | 30.96                       | 38.63 | 30.35  | franco<br>arcilloso | 45.95                   | 38.31    | 2.22                              | 1.08     | 51.35                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 3. Análisis Químico del Pedón P-01 de las Terrazas Subcrecientes del Río Naranjo en Amazonas.**

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgt/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | Naf | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 3.42    | 19.21                             | 0.34 | 10.53 | 0.57 | 51.12          | 59.95 | 6.28 | 9.0 | 3.9                               | 0.56 | 0.00 | 0.00 | 24.03 | 2.40 |
| 30-60        | A1  | 1.64    | 13.47                             | 0.15 | 6.78  | 0.54 | 55.44          | 37.78 | 7.16 | 8.2 | 0.04                              | 0.32 | 0.08 | 5.71 | 26.59 | 3.23 |
| 60->         | B   | 0.54    | 25.95                             | 0.24 | 15.30 | 1.04 | 66.24          | 64.66 | 8.01 | 9.5 | 0.20                              | 0.31 | 0.04 | 1.64 | 28.08 | 1.16 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centímoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en naitalina.

Esta unidad de mapeo constituye 151.40 ha, las cuales se encuentran cultivadas actualmente con caña de azúcar. El material original de los suelos, son depósitos aluviales antiguos de la formación del abanico aluvial del río Naranjo compuesto por arenas y cenizas volcánicas que recientemente han sido influenciadas por deposiciones de materiales arcillosos y laháricos en suspensión, durante las salidas de cause del río Naranjo. No se observan rasgos de erosión eólica o hídrica, son suelos planos con una pendiente menor del 1 %, presenta un sistema altamente eficiente de drenaje interno, libre con la eliminación rápida de excesos de humedad del suelo que se produce a través de un sistema de poros y microporos interconectados del suelo, El horizonte superficial presenta una velocidad de infiltración básica de 1.88 cm/hr la cual se alcanza a 4 horas bajo condiciones de saturación, el nivel freático se mantiene a 2 m de la superficie en la estación seca (marzo- abril) y 1.5 durante el período más húmedo la estación

lluviosa (Figuras 25-28: Planos de isóbatas e isohipsas).

El perfil del suelo, se encuentra formado por un epipedón mólico y un endopedón cámbico. El epipedón mólico se encuentra compuesto por el horizonte A, a su vez integrado por los subhorizontes Ap disturbado por las labores de cultivo; franco, en su macroestructura bajo condiciones de poca humedad forma bloques de hasta 30 cm de diámetro, extremadamente duro, con la formación de grietas de unos 35 cm de profundidad; de estructura interna en bloques subangulares de tamaño medio y consistencia muy plástica y muy adherente. Los bloques al hidratarse presentan un automullimiento. El horizonte A1, es un horizonte eluviado, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares gruesa de grado medio.

El horizonte B, gris pardusco claro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, plástico y poco adherente.

En los análisis químicos (cuadro 3), los suelos muestran una reacción neutra en el epipedón y fuertemente alcalina en el endopedón, tiene una capacidad de intercambio catiónico mayor del 50 % en el perfil (descrito), concentración ligeramente alto de calcio intercambiable, niveles adecuados de sodio y magnesio. Dentro del análisis de elementos disponibles, el potasio al igual que su saturación dentro del complejo cambiante; se muestra en niveles deficientes, los micronutrientes, el cobre y el hierro se encuentran en concentraciones deficientes, mientras que la disponibilidad de manganeso y zinc es adecuada.

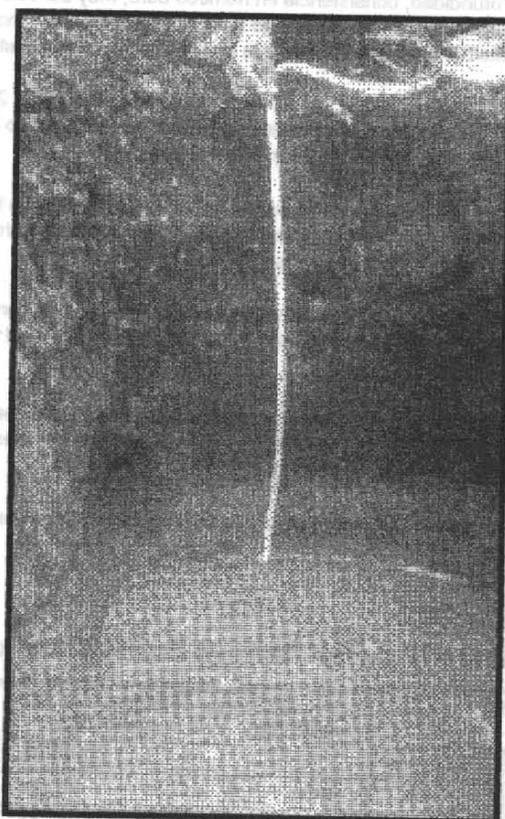
De acuerdo a su potencial productivo los suelos se encuentran clasificados agrológicamente en la Clase II y según su capacidad de Fertilidad en LLsk, aptos para mantener y desarrollar todos los cultivos adaptados a las condiciones preponderantes de la región.

Las limitantes generales de estos suelos están relacionadas con la mecanización, esencialmente cuando se ha dejado de cultivar y el suelo se encuentra seco y extremadamente duro afectando no solo la efectividad y calidad de las labores mecanizadas sino también al equipo utilizado. De manera similar ocurre cuando el suelo es manejado bajo condiciones de exceso de humedad en donde el suelo es muy plástico y muy adherente por lo que no se logra la adecuada preparación del terreno y los procesos de adherencia al equipo y maquinaria en uso es alto.

Las propiedades de contracción y expansión por efecto de hidratación y deshidratación de las arcillas del suelo (propiedades de los vertisoles), características de éstos suelos a menudo dañan el sistema radicular de los cultivos provocando la mutilación de las mismas y afectando el aprovechamiento y absorción de agua y nutrientes. En el caso del cultivo de la caña de azúcar, la propiedad vertisol constituye una ventaja, debido a que los materiales orgánicos que caen al suelo se introducen por las grietas y pasan a formar parte del suelo al descomponerse, siendo este un mecanismo natural del suelo para la incorporación de materia orgánica, así mismo la mutilación de raíces que sufren las plantas de caña, las prepara para la regeneración radicular con mejor capacidad de absorción de nutrientes.

En lo que al uso de fertilizantes refiere, el nitrógeno, fósforo y principalmente el potasio deben ser aplicados al suelo de acuerdo a los requerimientos del cultivo tomando como base la producción de caña industrial por unidad de área esperada (ver cuadro 40).

Se requiere de riego, tanto en plantaciones renovadas y en el levantamiento de caña soca, siendo el riego por aspersión el sistema que más se adecua a las condiciones de los suelos. Durante la época seca, el suelo se encuentra semihúmedo a una profundidad de 35-40 cm debajo de la capa superficial seca y agrietada o del suelo superficial labrado. Para una profundidad de manejo de humedad de 40 cm, se determinó una lámina de riego 10.84 cm con una eficiencia de aplicación del 75 % del equipo de riego diseñado (riego por aspersión, sección 7.31.6.). Se determinó una lámina bruta de aplicación 14.45 cm para un tiempo de aplicación de 3 horas con 30 minutos con una frecuencia de riego de 20 días y una lámina de humedad neta aplicable de 7.046 cm y una lámina bruta de 9.39 cm de humedad rápidamente aprovechable, con base en un déficit de manejo permitido del 65 % de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo y un tiempo de aplicación de 2 horas con 20 minutos.



**Figura 5. Perfil del Pedón P-01 de las terrazas subrecientes del río Naranjo en Amazonas, muestra un perfil normal de secuencia de horizontes Ap, A1, B, textura franca arcillosa, estructura en bloques subangulares medios. Muestra la formación de un espejo de agua por la ruptura de macroporos del drenaje interno del suelo.**

## - Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Río Plata (P-02)

### Descripción del Pedón P-02

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Al sudeste de la subunidad productiva de Río Plata, bordeando el río Naranjo hasta el límite con la finca Albania, en las coordenadas 14°02'16" Latitud Norte y 90°44'09" Longitud Oeste. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Posición:                 | Terraza subcreciente de inundación del Río Naranjo.   |
| Elevación:                | 24 msnm   |
| Pendiente:                | 2 % al Sudeste.   |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isotérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones aluviales y materiales laháticos.  |
| Drenaje:                  | Bien drenado superficial e internamente.  |
| Epipedón:                 | Mólico.   |
| Clasificación taxonómica: | Vertic Hapludolis francosa fina.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-02

| Horizonte Ap                | Prof. (cm) 0-30 | Descripción   |
|-----------------------------|-----------------|---|
|                             |                 | Pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 4/2), negro (10YR 2/1) en húmedo, textura franca arcillosa, consistencia en seco extremadamente duro, con formación de bloques hasta de 30 cm por 30 cm. Muy resistente a la deformación, con grietas hasta de 20 cm de profundidad, consistencia en húmedo duro, muy adhesivo y muy plástico en mojado, estructura en bloques subangulares de clase media con grado firme, altamente poroso, no presenta reacción a la prueba de NaF y CO <sub>2</sub> a nivel de campo, en este horizonte se encuentra la mayor distribución del sistema radicular. |
| A1                          | 30-52           | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco y negro en húmedo (10YR 2/1), textura arcillosa, consistencia muy dura en seco, dura en húmedo y muy adhesivo y plástico en mojado, estructura tipo bloques subangulares clase gruesa de grado fuerte, altamente poroso, no presentó reacción positiva al NaF y CO <sub>2</sub>  |
| B <sub>1</sub>              | 52-95           | Pardo grisáceo en seco (10YR 5/2) y pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3) textura franca con alto contenido de la fracción limosa, consistencia en húmedo firme, ligeramente plástico en mojado, estructura granular de clase fina y grado medio poca porosidad, sin reacción positiva al NaF y CO <sub>2</sub> .   |
| C <sub>1</sub>              | 95-170          | Rojo opaco en seco (2.5YR 3/1) y gris muy oscuro en seco (10YR 3/1), compuesto por arenas gruesas y finas semiestratificadas, con una muy baja capacidad de retención de humedad. Reacción alcalina, sin reacción positiva al NaF y CO <sub>2</sub> .   |
| B <sub>2t</sub>             | 170-195         | Amarillo claro en seco (2.5Y 4/2) y gris muy oscuro en seco (10YR 3/1), horizonte fluvial de textura franca limosa (más del 50 % de contenido de la fracción limosa) reacción ligeramente alcalina por presencia de calcio y magnesio, bajo contenido de materia orgánica. Sin reacción positiva al NaF y CO <sub>2</sub> .   |
| C <sub>2</sub> a más de 195 |                 | Rojo opaco en seco (2.5YR 3/1), compuesto por arenas gruesas y finas semiestratificadas, con una muy baja capacidad de retención de humedad.  |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-02

Cuadro 4. Análisis Físico del Pedón P-02 de las Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Río Plata.

| PROF    | Hte             | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |         |          | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE<br>HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|---------|-----------------|-----------------------------|---------|----------|-------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|         |                 | % Arcilla                   | % Limos | % Arenas |                   | 33 Kpa                  | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-30    | Ap              | 21.60                       | 31.35   | 46.98    | Franco            | 36.67                   | 19.06    | 2.1053                            | 1.11     | 47.27                  |
| 30-52   | A1              | 40.09                       | 34.60   | 25.51    | Arcilloso         | 40.80                   | 28.28    | 2.222                             | 1.08     | 51                     |
| 52-95   | B <sub>1</sub>  | 19.86                       | 47.04   | 33.13    | Franco            | 40.28                   | 19.47    | 2.3529                            | 1.765    | 24.98                  |
| 95-170  | C <sub>1</sub>  | 8.36                        | 0.73    | 92.37    | Arena             | 10.26                   | 9.47     | 2.50                              | 1.29     | 48.4                   |
| 170-195 | B <sub>2t</sub> | 14.96                       | 53.87   | 31.18    | Franco<br>Limoso  | 50.89                   | 4.50     | 2.42                              | 1.11     | 54.13                  |
| > 195   | C <sub>2</sub>  | ---                         | ---     | ---      | Arena             | ---                     | ---      | ---                               | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 5. Análisis Químico del Pedón P-2 de las Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Río Plata.**

| PROF<br>(cm) | Hto             | MO<br>(%) | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg | %SB   | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg |      |       |       |       |      |  |
|--------------|-----------------|-----------|----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|----------------------------------|------|-------|-------|-------|------|--|
|              |                 |           | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | Naf | P                                | K    | Cu    | Fe    | Mn    | Zn   |  |
| 0-30         | Ap              | 3.26      | 13.22                            | 0.55 | 6.54  | 0.40 | 56.16          | 30.89 | 6.73 | 9.7 | 1.04                             | 1.05 | 0.00  | 3.83  | 16.71 | 2.59 |  |
| 30-52        | A <sub>1</sub>  | 2.99      | 16.97                            | 0.33 | 9.09  | 0.41 | 61.21          | 43.78 | 6.40 | 8.9 | 0.74                             | 0.53 | 0.00  | 0.00  | 33.49 | 2.95 |  |
| 52-95        | B               | 0.38      | 15.47                            | 0.41 | 10.73 | 0.66 | 49.68          | 55.31 | 7.36 | 9.2 | 3.56                             | 0.50 | 12.34 | 12.34 | 12.22 | 2.00 |  |
| 95-170       | C <sub>1</sub>  | 0.10      | 3.99                             | 0.28 | 3.00  | 0.37 | 12.96          | 50.99 | 8.51 | 8.6 | 3.75                             | 0.68 | 52.80 | 52.80 | 16.44 | 3.96 |  |
| 170-195      | B <sub>2t</sub> | 0.24      | 10.23                            | 0.21 | 11.23 | 0.63 | 30.72          | 61.25 | 7.65 | 9.0 | 4.26                             | 0.43 | 18.76 | 18.76 | 13.60 | 2.20 |  |
| > 192        | C <sub>2</sub>  | ---       | ---                              | ---  | ---   | ---  | ---            | ---   | ---  | --- | ---                              | ---  | ---   | ---   | ---   | ---  |  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en nafalina.

Los suelos de esta unidad de mapeo se localizan al sudeste de la finca Bolivia, en la subunidad productiva de Río Plata; bordeando al río Naranjo, comprenden 91.88 ha; se han desarrollado a partir de sedimentos aluviales antiguos compuestos por arenas y cenizas volcánicas de formación del abanico aluvial del río Naranjo, e influenciados recientemente por inundaciones y desbordamiento del río Naranjo que ha provocado la deposición de materiales limosos, arcillosos y materiales laháricos en la superficie que producen un color oscuro al suelo. El suelo se encuentra formado por un epipedón mólico, compuesto por el horizonte Ap de 50 cm, textura franco arcilloso color negro oscuro, estructura granular firme de tamaño grande, muy plástico y muy adherente en mojado y el horizonte A<sub>1</sub> de 22 cm color gris muy oscuro, textura arcillosa de consistencia muy dura en seco, muy adhesivo y muy plástico en mojado de estructura en bloques subangulares de tamaño medio. Por debajo de los horizontes anteriores, se presenta un horizonte cámbico de color pardo grisáceo, con espesor de 47 a 50 cm, textura franca con alto contenido de limo; estructura granular fina de grado medio, posteriormente se encuentra el horizonte C<sub>1</sub> compuesto por una capa de arena con un espesor de 70 cm, debajo del cual; se presenta un horizonte B<sub>2</sub> compuesto por arcillas y limos iluviados, que se encuentran formando nódulos o concreciones ligeramente duros. De consistencia firme y poco plástico de un espesor de 25 cm, color pardo grisáceo en cuyo límite inferior continua el horizonte C<sub>2</sub> compuesto por capas subsecuentes de materiales arenosos y fragmentales intercalados. De acuerdo al estudio de niveles freáticos, se determinó que este se encuentra a una profundidad de 2 m de la superficie durante el período más crítico de la estación seca, así mismo este se encuentra a una profundidad de 1.5 m, durante el período de agosto-septiembre (y es cuando se tiene una mayor recarga del acuífero).

Los suelos presentan una velocidad de infiltración libre de 24.47 cm/hr, la cual se alcanza en un tiempo de 1 hora con 15 min. El drenaje superficial es adecuado, favorecido por una leve pendiente en dirección Sudeste hacia el río Naranjo. Por efectos de pérdida de humedad, los suelos muestran un proceso de contracción de partículas, formando bloques de diámetro de aproximadamente unos 40 cm, cuyas grietas mantienen una profundidad de 40 cm, que se aproxima al subhorizonte A<sub>1</sub> con ancho que en la mayoría de ocasiones son de 2 cm. Estos bloques presentan una consistencia extremadamente dura al ser cortada con instrumentos simples (como piochas, entre otras); así mismo dentro de esta macroestructura los suelos

muestran agregados en forma de bloques subangulares con procesos de automullimiento cuando son rehidratados.

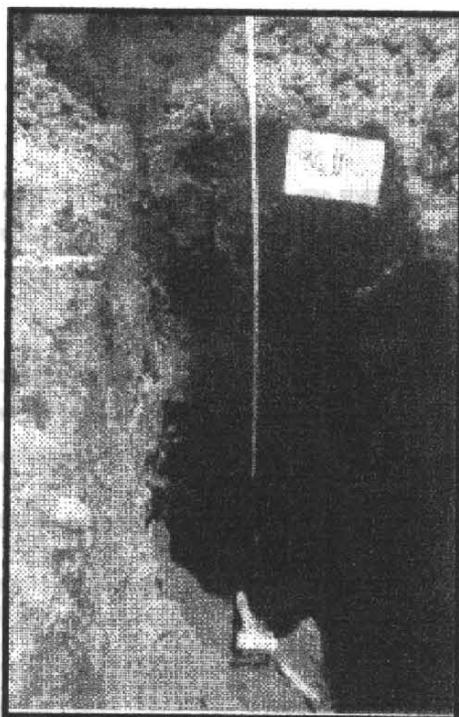
En lo que a fertilidad refiere, éstos suelos, muestran contenido adecuado de materia orgánica hasta el horizonte B (0-95 cm). La reacción de estos suelos es neutra en los horizontes Ap y A<sub>1</sub>, moderadamente alcalino en el horizonte B y extremadamente alcalino en el horizonte C<sub>1</sub> y el horizonte argílico encontrado debajo del horizonte C<sub>1</sub> muestra una reacción de moderadamente alcalina.

La capacidad de intercambio catiónico es alta de los 0 a los 95 cm de la superficie y aun en el horizonte argílico (más del 40 %), sin embargo en los horizontes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> muestran una baja capacidad de intercambio catiónico (menor del 15 %). En consecuencia, las bases intercambiables saturan el complejo intercambiable con más de un 40 % en todo el perfil cuyas bases intercambiables, compuestas por calcio, magnesio y sodio, se encuentran en niveles óptimos de concentración en la reserva del suelo (complejo coloidal); excepto por el potasio, cuyos niveles de concentración se encuentran muy por debajo de los valores críticos de concentración afectando las relaciones de concentración adecuadas de Ca/K, Mg/K y (Ca+Ma)/K. Del estudio de nutrientes disponibles en la solución del suelo, el potasio, al igual que en el complejo de cambio se presenta en concentraciones muy bajas lo cual ocurre de manera similar con el fósforo disponible. Los micronutrientes, cobre y hierro en el epipedón no se encuentran en forma disponible. Sin embargo, en los horizontes subsecuentes puede encontrarse en niveles adecuados, pero muy distinguible es la concentración en el horizonte C<sub>1</sub>, así mismo la concentración de manganeso y zinc, es adecuada en el perfil mostrando concentraciones más altas en los horizontes Ap y A<sub>1</sub>.

De acuerdo a sus características particulares y su capacidad productiva potencial, estos suelos pertenecen a la clase II y según a su capacidad de Fertilidad a LLvkg, con capacidad de desarrollar bajo limitantes particulares, la mayoría de cultivos adaptados a las condiciones locales, tales como cultivos anuales, bajo condiciones de riego; cultivos semipermanentes y permanentes, pastizales, ganadería de pastoreo y bosque o para vida silvestre.

En el caso de agricultura, el suelo puede ser utilizado bajo condiciones de manejo intensivo y mediante el uso intensivo de fertilizantes dado a la baja disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, principalmente ricos en nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos. Específicamente, para el cultivo de la caña de azúcar, los nutrientes a aplicar deben ser en dosis equivalentes a los requerimientos del cultivo por unidad de área, de acuerdo con los niveles de producción de caña industrial esperados (ver cuadro 40). El suelo muestra restricciones en cuanto a su mecanización, de manera que bajo condiciones de extrema sequedad el suelo forma bloques extremadamente duros o bien bajo condiciones saturadas del suelo, en la que es muy plástico y se adhiere al equipo, provocando un mayor esfuerzo y una baja calidad en las actividades mecanizadas que afectan la eficiencia de las mismas y lo más importante, con efectos dañinos al suelo, principalmente sobre las propiedades físicas de los mismos.

En cuanto a los requerimientos de riego, bajo condiciones naturales del suelo, necesidades del cultivo de la caña de azúcar y profundidad de manejo de humedad en el suelo, se determinó que el riego por aspersión es el más adecuado, que requiere de una lámina neta de riego inicial de 11.90 cm y una lámina bruta de riego de 15.87 cm (mediante el uso de equipo actual de riego que mantiene un 75 % de eficiencia de aplicación) tanto para riegos iniciales en renovaciones como levantamiento de socas, para un tiempo de riego de 4 horas y una frecuencia de riego de 20 días, bajo condiciones de abatimiento de la humedad disponible del suelo de un 65 %, para una lámina de humedad rápidamente aprovechable de 7.73 cm (lámina bruta de aplicación de 10 cm) en un tiempo de aplicación de 2 horas con 30 minutos.



**Figura 7. Perfil del Pedón P-02 de las Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Río Plata, los suelos Vertic Hapludolls muestran una secuencia de horizontes Ap, A1, 1B, 1C, 2Bt y 2C. Color oscuro, textura franca arcillosa.**

| Profundidad (cm) | Horizonte |                  | Color  | Textura          | Estructura | Comentarios |
|------------------|-----------|------------------|--------|------------------|------------|-------------|
|                  | Horizonte | Profundidad (cm) |        |                  |            |             |
| 0-5              | Ap        | 0-5              | oscuro | franca arcillosa |            |             |
| 5-10             | A1        | 5-10             |        |                  |            |             |
| 10-15            | 1B        | 10-15            |        |                  |            |             |
| 15-20            | 1C        | 15-20            |        |                  |            |             |
| 20-25            | 2Bt       | 20-25            |        |                  |            |             |
| 25-30            | 2C        | 25-30            |        |                  |            |             |

## - Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en la Planicie Alta de Río Plata (P-03)

### Descripción del Pedón P-03

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | 30 m al nordeste de la torre de Río Plata en las coordenadas 14°02'58" Latitud Norte y 90°44'30" Longitud Oeste.      |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzuelo.   |
| Fecha:                    | 29-05-96.   |
| Posición:                 | Planicie alta de Río Plata.   |
| Elevación:                | 25 msnm   |
| Pendiente:                | 2 % dirección Sur.  |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Bien drenado superficial e internamente.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isotérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones Antiguas de formación de la Llanura Aluvial y Deposiciones Recientes de sedimentos luviales del Naranjo. |
| Epipedón:                 | Mólico.   |
| Endopedón:                | Cámbico de alteración.  |
| Clasificación taxonómica: | Eutropeptics Rendolls francosa gruesa.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-03

| Horizonte       | Prof. (cm) | Descripción   |
|-----------------|------------|---|
| Ap              | 0-20       | Pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 4/2), pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, textura franca con alto contenido de la fracción fina de suelo con sensación arcillosa al tacto, consistencia en húmedo ligeramente dura, en mojado el suelo se presenta altamente adherente y muy plástico, estructura granular media, este horizonte muestra un ligero autocompactamiento cuando pasa de un estado seco a hidratado. |
| B <sub>1w</sub> | 20-60      | Pardo oliváceo claro (2.5YR 5/4) en seco y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/1), textura arenosa franca, estructura suelta, consistencia friable en húmedo, en mojado el suelo es sin adherencia y no plástico, En el límite inferior pueden localizarse fragmentos de roca con un contenido no mayor del 15 % de fragmentos rocosos con diámetro de hasta 3 cm.   |
| C <sub>1</sub>  | 60-105     | Pardo grisáceo claro en seco (2.5Y 5/2) y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), compuesto por arenas gruesas, suelta.  |
| B <sub>2s</sub> | 105-136    | Gris pardo claro en seco (2.5YR 5/2) y pardo grisáceo en húmedo (10YR 4/2), textura franco limosa, consistencia muy friable en húmedo, poco adherente y poco plástico, Estructura granular, fina de grado débil, éste horizonte mostró muchos poros de diámetro medio.  |
| C <sub>2</sub>  | mas de 136 | Gris oscuro, compuesto por arenas gruesas y finas semiestratificadas, con una muy baja capacidad de retención de humedad.   |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-03

**Cuadro 6. Análisis Físico del Pedón P-03 de las Terrazas Subcrecientes del río Naranjo en Río Plata.**

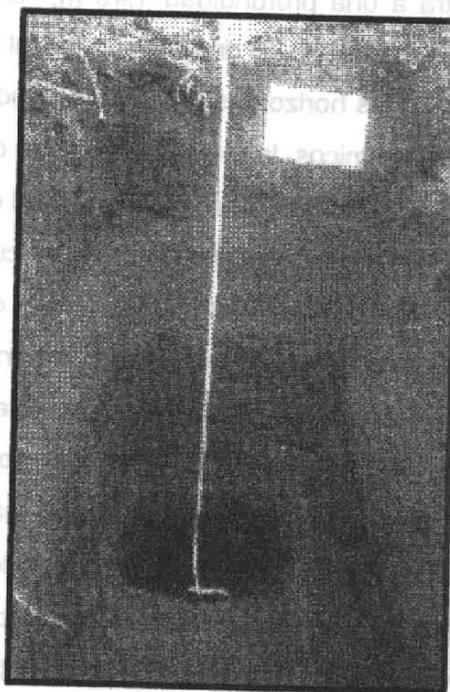
| PROF    | Hta             | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE<br>HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|---------|-----------------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|         |                 | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa                  | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-20    | Ap              | 21.90                       | 46.04 | 31.26  | Franco            | 43.42                   | 24.93    | 2.1621                            | 1.111    | 48.61                  |
| 20-60   | Bw              | 8.51                        | 3.39  | 88.10  | Arena<br>Franca   | 24.45                   | 5.61     | 2.500                             | 1.5385   | 38.46                  |
| 60-105  | 1C              | 8.36                        | 0.73  | 92.37  | Arena             | 44.75                   | 14.54    | 2.2857                            | 1.1429   | 49.99                  |
| 105-136 | B <sub>1s</sub> | 14.96                       | 53.87 | 31.18  | Franco<br>Limoso  | 50.89                   | 4.50     | 2.4242                            | 1.1111   | 54.16                  |
| > 136   | 2C              | ---                         | ---   | ---    | Arena             | ---                     | ---      | ---                               | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hta: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 7. Análisis Químico del Pedón P-03 de las Terrazas Subrecientes del río Naranjo en Río Plata.**

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTEFCAMBIABLES<br>Cmo./Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmo./Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr./kg. |      |      |       |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|------------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | Naf | PD                                 | KD   | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-20         | Ap  | 4.23    | 20.21                             | 0.30 | 9.54  | 0.58 | 63.36          | 48.10 | 7.01 | 9.1 | 1.60                               | 4.49 | 0.00 | 3.12  | 49.16 | 4.64 |
| 20-60        | Bw  | 0.21    | 7.49                              | 0.63 | 5.42  | 0.50 | 22.32          | 61.61 | 7.14 | 9.1 | 3.18                               | 0.97 | 2.52 | 25.20 | 20.09 | 2.00 |
| 60-105       | 1C  | 0.10    | 20.71                             | 0.38 | 6.54  | 0.38 | 44.64          | 62.75 | 7.70 | 9.9 | 3.15                               | 0.68 | 1.69 | 52.90 | 16.44 | 3.96 |
| 105-136      | Bts | 0.24    | 10.23                             | 0.21 | 11.23 | 0.83 | 36.72          | 61.25 | 7.65 | 9.0 | 4.25                               | 0.43 | 3.64 | 18.76 | 13.60 | 2.20 |
| > 136        | 2C  | ---     | ---                               | ---  | ---   | ---  | ---            | ---   | ---  | --- | ---                                | ---  | ---  | ---   | ---   | ---  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmo/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmo/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en naftalina.



**Figura 8. Perfil del Pedón P-03 de las Terrazas Subrecientes del río Naranjo en la subunidad productiva de Río Plata. Eutropeptics Rendolls francosa gruesa. Muestra un perfil Ap, B, C, horizonte B limita con C compuesto material fragmental y arenas gruesas. Nótese el poco desarrollo radicular en el horizonte Ap.**

Las terrazas subrecientes del río Naranjo, se localizan al Norte de la subunidad productiva de Palo Pinta y se prolonga hacia la parte Sur para interceptar el zanjón las Malicias, comprende 54.97 ha, de relieve con ondulaciones y una pendiente uniforme de 2% con dirección Sur. El origen de estos suelos son sedimentos aluviales antiguos del río Naranjo compuesto por arenas y cenizas volcánicas evolucionadas. El suelo superficial ha estado influenciado por corrientes provocadas por desbordamiento del río Naranjo que escurren superficialmente hacia el zanjón Las Malicias.

El suelo superficial se encuentra formado por un horizonte mólico, debajo del cual se encuentra el horizonte Bw (Cámbico de alteración) los cuales descansan sobre el horizonte C compuesto por capas alternas de materiales gravosos y arenas gruesas que presentan a una profundidad una discontinuidad que

ocurre a una profundidad de 1 m en la que se aprecian materiales limosos iluviales que conforman un horizonte Bst con un espesor de 30 cm, color pardo grisáceo oscuro, de cuyo límite inferior continúan los materiales gravillosos y arenas gruesas (horizonte C<sub>2</sub>).

Estos suelos presentan una permeabilidad lenta; con una infiltración básica de 0.51 cm/hora la cual se alcanza a las 6 horas con 20 minutos. El comportamiento de la dinámica de infiltración en el suelo se representa por medio del modelo Kostiakov-Lewis de  $I = 22.68 t^{-0.63775}$ . De acuerdo al estudio de aguas subterráneas (figuras 25-28, planos de Isobatas e Isohipsas), el nivel freático, en el período más húmedo (agosto-septiembre) se encuentra a una profundidad 1.40 m; el cual varía a una profundidad de 2.05 m durante la estación seca (febrero-marzo-abril). El drenaje superficial de los suelos es adecuado.

Los análisis químicos de los horizontes del pedón (cuadros 5) muestran alto contenido de materia orgánica. En cuanto a los aspectos químicos, la reacción del suelo de la superficie hasta los 60 cm, la reacción es neutra, mostrando en el horizonte superficial una alta capacidad de intercambio catiónico (mayor del 60 %) y una alta saturación de bases (50 %) principalmente de calcio el cual se encuentra en concentración alta, las concentraciones de magnesio y sodio son adecuadas dentro del complejo catiónico cambiante. De los elementos disponibles a las plantas en la solución del suelo, la concentración de potasio, es baja, al igual que dentro de las bases cambiantes del coloide. El fósforo disponible es muy bajo. En la disponibilidad de los micronutrientes se determinó que el cobre; no se encuentra en forma disponible y el hierro se encuentra en niveles deficientes, mientras que los niveles de disponibilidad del manganeso y zinc son adecuados.

El horizonte Bw, caracterizado por contener alrededor de un 15% de materiales fragmentales (fragmentos de roca de canto rodado), alta capacidad de intercambio catiónico, muy alta saturación de bases, en el que los cationes de calcio, magnesio y sodio se encuentran en niveles de concentración adecuado excepto por el potasio, cuya concentración al igual que en la solución del suelo es deficiente. La disponibilidad de fósforo en la solución del suelo es baja, mientras que, la de los micronutrientes es adecuada.

El horizonte C<sub>1</sub>, compuesto por arenas mantiene una alta capacidad de intercambio catiónico con una alta saturación de bases (mayor 60 %), altamente saturado con calcio (46 %), en tanto que la saturación del magnesio y sodio es adecuada en la porción intercambiable, al igual que en los horizontes superiores la disponibilidad de fósforo y potasio es baja, mientras las concentraciones de los micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) se encuentran adecuadas.

El horizonte argílico (Bts) compuesto por arcillas y limos iluviados, mantienen una alta capacidad de intercambio catiónico con una alta saturación de bases (61 %) cuyas concentraciones de calcio, magnesio y sodio son adecuadas; excepto por la baja concentración de potasio intercambiable y disponible en la solución del suelo. La concentración de fósforo es baja, sin embargo, se presenta en una concentración mayor con relación a los horizontes superiores, manifestando su capacidad de filtro y retención del fósforo iluviado.

Agrológicamente, éstos suelos corresponden a la clase IIs y según su capacidad de fertilidad corresponden a LS'dk, cuyas limitaciones de uso son: la escasa profundidad del suelo superficial, la textura

gruesa, rápida pérdida de la humedad de los suelos durante la época seca, los suelos muestran baja concentración de nutrientes disponibles a las plantas, principalmente de potasio, que se encuentra en niveles de concentración muy bajos por todo el perfil tanto en la reserva del suelo como en la solución del mismo afectando en forma negativa las relaciones de absorción de calcio y magnesio.

Los suelos son aptos para cultivos anuales, adaptados a las condiciones climáticas preponderantes, bajo sistemas de manejo intensivo. Son suelos potencialmente mecanizables bajo restricciones de profundidad, procurando que las labores mecanizadas no sean realizadas a una profundidad mayor de 30 cm y evitando mezclar los materiales arenosos y fragmentales subsuperficiales con el suelo superficial formado, así mismo para cultivos semipermanentes, permanentes, su uso en ganadería y bosques manejados. Específicamente para el cultivo de la caña de azúcar, no se presentan limitaciones más que el manejo adecuado de residuos de cosecha evitando la requema de los mismos, se recomiendan fertilizaciones con nitrógeno, fósforo y esencialmente de potasio manejados en dosis de acuerdo a los requerimientos del cultivo y al rendimiento esperado (ver el cuadro 40). El cultivo de estos suelos es factible durante la estación seca requiriendo de riego, siendo el más adecuado el riego por aspersión. Para el cultivo de caña de azúcar se determinó para condiciones de riegos de germinación durante las renovación de plantaciones o en el levantado de caña soca una lámina neta de riego inicial de 12.80 cm con una lámina bruta de riego de 17.07 cm (eficiencia del equipo de riego por aspersión del 75%), con un tiempo de aplicación de 4 horas con 21 minutos y una frecuencia de riego de 18 días, para una lámina de humedad rápidamente aprovechable de 8.32 mm (lámina para un déficit de manejo de la humedad del suelo de 65 % como abatimiento de la humedad rápidamente aprovechable) para una lámina bruta de riego de 11.09 cm y un tiempo de aplicación de 2 horas con 40 minutos.

### - A.1.2. Terrazas Antiguas del río Naranjo.

Estas Constituyen dentro del área de estudio parte de la planicie aluvial del río Naranjo mas alejada del cause actual, en el que se encuentran suelos más evolucionados diferenciados a través de proporciones de los materiales de formación por el relieve inicial y la dinámica de deposición de los materiales en suspensión y aun influenciados recientemente por el uso y manejo que actualmente han recibido éstos suelos. Dentro de las terrazas antiguas del río Naranjo se diferencian dentro de las subunidades productivas de la finca Bolivia, las unidades de mapeo siguientes:

### - Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas (P-04).

#### Descripción del Pedón P-04

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°42'28" Latitud Norte y 90°47' Longitud Oeste al norte del parte 28 de la subunidad productiva de Amazonas. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Fecha:                    | 22-5-96   |
| Posición:                 | Planicie aluvial de depósitos finos de la llanura alta de Amazonas.   |
| Elevación:                | 30 msnm   |
| Pendiente:                | Menor 1 % dirección sudeste hacia el zanjón las Malicias.   |
| Vegetación o cultivo:     | Café de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Acumulación y formación de espejos de agua en la superficie del suelo e internamente moderadamente drenado.               |
| Régimen de humedad:       | Údico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.  |
| Material original:        | Depósitos aluviales finos del Naranjo compuestos por arenas y cenizas volcánicas  |
| Epipedón:                 | Móico.  |
| Clasificación Taxonómica: | Fluventic Hapludolls francosa.  |

#### Descripción del Perfil del Pedón P-04

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0-30        | Pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 4/2), negro (10YR 2/1) en húmedo, textura franco arenosa, consistencia muy friable en húmedo, no adherente en mojado y no plástico en mojado, presenta una estructura granular clase muy fina de grado débil con la presencia de poros finos, reacción positiva a la prueba de campo con NaF. |
| AC        | 30-50       | Gris (10YR 5/1) en seco y pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3), textura franco arenosa en presencia de limos, consistencia blanda bajo condiciones secas, muy friable en húmedo, no adherente y ligeramente plástico en mojado.  |
| C         | a más de 50 | Pardo muy oscuro en seco (10YR 2/2) negro en húmedo (10YR 2/1), textura arenosa con predominancia de arenas finas, estructura suelta.   |

#### Análisis Físico-Químico del Perfil del Pedón P-04

Cuadro 8. Análisis Físico del Pedón P-04 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas.

| PROF  | Hte | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE<br>HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|-----|-----------------------------|-------|--------|-------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |     | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa                  | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-30  | Ap  | 8.94                        | 31.76 | 59.31  | Franco<br>arenoso | 39.54                   | 20.50    | 2.162                             | 1.0811   | 49.99                  |
| 30-50 | AC  | 8.02                        | 40.76 | 51.47  | Franco<br>arenoso | 33.79                   | 12.57    | 2.3529                            | 1.250    | 46.87                  |
| > 50  | C   | 2.01                        | 2.01  | 93.16  | Arena<br>fina     | ---                     | ---      | ---                               | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (Presión negativa).

Cuadro 9. Análisis Químico del Pedón P-04 de las de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas.

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |      |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg   | Na   |                |       | Agua | Naf  | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 4.56    | 2395                              | 0.28 | 7.77 | 0.45 | 55.44          | 58.95 | 7.64 | 9.5  | 4.22                              | 0.85 | 0.00 | 0.28 | 18.03 | 1.83 |
| 30-50        | AC  | 0.61    | 22.48                             | 1.11 | 9.99 | 0.19 | 30.96          | + 100 | 8.32 | 9.17 | ND*                               | 1.08 | 0.00 | 0.24 | 7.10  | 1.36 |
| > 50         | C   | 0.18    | 1.26                              | 0.28 | 1.90 | 0.88 | 6.42           | 67.28 | 7.60 |      |                                   |      |      |      |       |      |

Cuadro 9. Análisis Químico del Pedón P-04 de las de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas.

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |      |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg   | Na   |                |       | Agua | Naf  | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 4.56    | 2395                              | 0.28 | 7.77 | 0.45 | 55.44          | 58.95 | 7.64 | 9.5  | 4.22                              | 0.85 | 0.00 | 0.28 | 18.03 | 1.83 |
| 30-50        | AC  | 0.61    | 22.48                             | 1.11 | 9.99 | 0.19 | 30.96          | + 100 | 8.32 | 9.17 | ND*                               | 1.08 | 0.00 | 0.24 | 7.10  | 1.36 |
| > 50         | C   | 0.18    | 1.26                              | 0.28 | 1.90 | 0.88 | 6.42           | 67.28 | 7.60 |      |                                   |      |      |      |       |      |

Cuadro 9. Análisis Químico del Pedón P-04 de las de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas.

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |      |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg   | Na   |                |       | Agua | Naf  | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 4.56    | 2395                              | 0.28 | 7.77 | 0.45 | 55.44          | 58.95 | 7.64 | 9.5  | 4.22                              | 0.85 | 0.00 | 0.28 | 18.03 | 1.83 |
| 30-50        | AC  | 0.61    | 22.48                             | 1.11 | 9.99 | 0.19 | 30.96          | + 100 | 8.32 | 9.17 | ND*                               | 1.08 | 0.00 | 0.24 | 7.10  | 1.36 |
| > 50         | C   | 0.18    | 1.26                              | 0.28 | 1.90 | 0.88 | 6.42           | 67.28 | 7.60 |      |                                   |      |      |      |       |      |

Cuadro 9. Análisis Químico del Pedón P-04 de las de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Amazonas.

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |      |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg   | Na   |                |       | Agua | Naf  | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 4.56    | 2395                              | 0.28 | 7.77 | 0.45 | 55.44          | 58.95 | 7.64 | 9.5  | 4.22                              | 0.85 | 0.00 | 0.28 | 18.03 | 1.83 |
| 30-50        | AC  | 0.61    | 22.48                             | 1.11 | 9.99 | 0.19 | 30.96          | + 100 | 8.32 | 9.17 | ND*                               | 1.08 | 0.00 | 0.24 | 7.10  | 1.36 |
| > 50         | C   | 0.18    | 1.26                              | 0.28 | 1.90 | 0.88 | 6.42           | 67.28 | 7.60 |      |                                   |      |      |      |       |      |

El drenaje superficial es deficiente debido al relieve plano y muy escasamente inclinado (pendiente menor de 0.5 %), mientras que el drenaje interno es moderadamente alto con una velocidad de infiltración básica de 4.5 cm/hr. El nivel freático se encuentran a 2.00 m de la superficie durante la estación seca (marzo-abril) y 1.70 m durante la parte de la estación más húmeda (agosto-septiembre), (ver figuras 25 a 28: Planos de Isobatas e Isohipsas). El suelo mantiene un régimen de humedad údico, en el que el horizonte superficial se mantiene húmedo durante la estación seca, lo cual se debe a los procesos de movimiento de agua capilar a través del suelo.

Estos suelos se encuentran formados por un horizonte mólico el cual descansa sobre capas estratificadas de materiales arenosos finos. En general, el perfil se encuentra compuesto por un horizonte Ap; disturbado por las labores de cultivo, pardo grisáceo oscuro cuando seco, de 30 cm de espesor, textura franco arenosa, las partículas se encuentran agregadas en forma granular fina de grado débil, la consistencia del suelo es friable en húmedo, poco plástico y poco adherente en mojado.

El horizonte AC, de transición entre el horizonte Ap y el horizonte C con un espesor de 20 cm, en el que se observa una combinación de materiales limosos y arenosos, de estructura suelta.

Los horizontes Ap y AC descansan sobre el horizonte C compuesto por arenas muy finas.

De los análisis Físico-Químicos, de los horizontes del perfil del suelo (Cuadros 8,9), se encuentra en el suelo superficial un alto contenido de materia orgánica, cuyo valor decrece desmesuradamente en los horizontes inferiores. La reacción del suelo en el horizonte superficial (Ap) es ligeramente alcalina, con alta capacidad de intercambio catiónico (más de 55 Cmol/Kg de suelo) y una saturación de bases del 58 %, principalmente saturado con cationes de calcio cuya concentración en el complejo cambiante es alta (mayor de 20 Cmol/kg de suelo o sea un 36 % de saturación). La concentración de magnesio y sodio, en la fase del complejo intercambiable, es adecuada, sin embargo, el potasio se presenta en niveles muy bajos de concentración. El horizonte AC de transición, presenta una reacción fuertemente alcalina, capacidad de intercambio catiónico es alta, sin embargo, se encuentra sobre saturada por las bases de calcio y magnesio (más de 100 saturación de bases) observándose el calcio en una concentración mayor de 70 % y el magnesio en más de 33 %. El horizonte C muestra una muy baja capacidad de intercambio catiónico cuya concentración de bases intercambiables se encuentran en niveles bajos.

En aspectos de fertilidad, el horizonte superficial (Ap) muestra una muy baja concentración de Fósforo disponible en la solución del suelo y en el horizonte de transición este no se encuentra disponible. En el caso del Potasio disponible al igual que el intercambiable, es deficiente. Del estudio de disponibilidad de micronutrientes en el suelo, el cobre y el hierro no se encuentran en concentraciones adecuadas, no obstante, la concentración de estos en el horizonte C es alta. En el caso del manganeso la concentración en la solución del suelo en el horizonte superficial es adecuada y disminuye a medida que se profundiza en el perfil.

Agrológicamente los suelos de esta unidad de mapeo pertenecen a la clase "ltw" y con base a su capacidad de fertilidad a "SSgk", cuyas limitaciones son: la acumulación excesiva de humedad y la formación

de espejos de agua en la superficie del terreno lo cual ocurre durante la estación lluviosa debido a una baja capacidad de drenaje del suelo (superficial e interno debido a la baja permeabilidad del horizonte Ap y poco declive del terreno). Los suelos se caracterizan por la baja concentración de potasio disponible tanto en la fase intercambiable como en la solución del suelo. Estos suelos son aptos para cultivos adaptados a las condiciones de la región; estacionales, semipermanentes y permanentes tales como pastos de corte y bosques manejados. En el caso de cultivos estacionales, pueden ser manejados bajo sistema de mecanizado moderado evitando el mullido de los suelos (actividades de rastreo); debido a la débil estructura del suelo y al peligro de erosión eólica al que son expuestos. El aprovechamiento intensivo es factible mediante el uso adecuado de fertilizantes principalmente ricos en fósforo y potasio de acuerdo a los requerimientos de los cultivos. El riego es necesario durante la estación seca para cubrir el déficit de humedad siendo el riego por aspersión el sistema que mejor se adapta a las condiciones del terreno. Para el cultivo de caña de azúcar, la incorporación de los restos de cosecha resulta de gran importancia para la conservación y mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo principalmente en la estructuración de las partículas del suelo, mejora los procesos de intercambio de cationes y nutrientes así como su capacidad reguladora de la reacción del suelo. En cuanto al uso de agua de riego se determinó una necesidad de riego de acuerdo a las condiciones climáticas y requerimientos de la caña de azúcar de una lámina neta de 11.46 cm y una lámina aplicable de 15.28 cm debido a la eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión en operación bajo condiciones de riegos de germinación en renovación de plantaciones bajo condiciones de punto de marchitez permanente o primer riego de levantado de caña soca para un tiempo de aplicación de 3 horas con 45 minutos y una frecuencia de riego de 16 días, con una lámina bruta de 9.932 cm y un tiempo de riego de 2 horas con 20 minutos bajo un déficit de manejo permitido de humedad rápidamente aprovechable del 65 %.

## - Terrazas Antiguas del Río Naranjo en la Planicie Alta de Iguazú (P-05)

### Descripción del Pedón P-05

**Ubicación:** Coordenadas 14°02'51" Latitud Norte y 90°46'30" Longitud Oeste, rodeando la poceta de Amazonas, prolongándose hasta el parte 9 de la subunidad productiva de Palo Pinta

**Reconocedor:** Ronald Gómez Anzueto.

**Fecha:** 23-5-96

**Posición:** Planicie alta de la subunidad productiva de Iguazú.

**Elevación:** 30 msnm

**Pendiente:** Menor 1 % dirección Sudeste.

**Vegetación o cultivo:** Caña de azúcar.

**Pedregosidad:** Sin piedras.

**Drenaje:** Superficialmente presenta un drenaje moderado e internamente el drenaje es moderadamente rápido.

**Régimen de humedad:** Udico.

**Régimen de temperatura:** Isohipotérmico.

**Materia original:** Sedimentos aluviales antiguos del río Naranjo compuestos por arenas finas y muy finas y cenizas volcánicas retransportadas por los flujos volcánicos.

**Epipedón:** Mólico.

**Endopedón:** Cáblico de alteración

**Clasificación taxonómica:** Fluventic Hapludolis francosa.

### Descripción del Perfil del Pedón P-05

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0-35        | Pardo grisáceo muy oscuro en seco (10YR 4/2), negro (10YR 2/1) en húmedo, Textura franca, consistencia en mojado ligeramente adherente y ligeramente plástico, estructura tipo granular fina de grado medio. No mostró reacción positiva a la prueba de campo a NaF y HCl 0.1 N para la determinación de materiales alófanos y carbonatos. |
| Bws       | 35-70       | Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), entre textura franca y textura franco arenosa, consistencia firme del suelo húmedo, ligeramente adherente y plástico en mojado, estructura granular ligeramente gruesa y de grado media, con muchos poros de diámetros medios (2-5 mm).                  |
| C         | a más de 70 | Compuesto por materiales arenosos finos, estructura suelta, de color pardo grisáceo muy oscuro en seco (10YR 3/2), negro en húmedo (10YR 2/1), no presentó reacción positiva a la prueba de alófanos en el suelo por medio de NaF.   |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-05

**Cuadro 10. Análisis Físico del Pedón P-05 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Iguazú..**

| PROF | H/c | GRANULOMETRÍA Porcentaje |       |        | CLASE TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO POROSO % |
|------|-----|--------------------------|-------|--------|----------------|----------------------|----------|--------------------------------|----------|------------------|
|      |     | Arcilla                  | Limos | Arenas |                | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                           | Aparente |                  |
| 0-35 | Ap  | 21.31                    | 30.82 | 47.87  | Franco         | 39.31                | 11.48    | 2.222                          | 1.1785   | 46.96            |
|      |     |                          |       |        | entre Franco y | 37.78                | 13.15    | 2.3529                         | 1.2121   | 48.48            |

**Cuadro 11. Análisis Químico del Pedón P-05 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Iguazú..**

| PROF (cm) | H/c | MO % | BASES INTERCAMBIABLES Cmol/Kg |       |      |      | CIC Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg |      |      |       |       |      |
|-----------|-----|------|-------------------------------|-------|------|------|-------------|-------|------|-----|-----------------------------|------|------|-------|-------|------|
|           |     |      | Ca                            | K     | Mg   | Na   |             |       | Agua | NoI | P                           | K    | Cu   | Pb    | Mn    | Zn   |
| 0-35      | Ap  | 2.35 | 20.25                         | 11.57 | 1.00 | 0.94 | 48.05       | 62.33 | 7.87 | 9.4 | 4.87                        | 3.34 | 0.00 | 0.76  | 34.13 | 1.24 |
| 35-70     | Bws | 0.54 | 29.00                         | 6.44  | 0.30 | 1.55 | 38.57       | 74.38 | 8.47 | 9.5 | 3.24                        | 1.83 | 0.68 | 3.24  | 10.12 | 1.60 |
| > 70      | C   | 0.20 | 4.08                          | 0.43  | 4.10 | 0.81 | 14.41       | ---   | 6.9  | --- | 0.69                        | 0.56 | 2.39 | 63.25 | 8.61  | 0.80 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, H/c: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en nitrato.

Esta unidad de suelo constituye las terrazas antiguas de la planicie alta de Iguazú, se ubican en la parte Norte de la subunidad productiva de Iguazú y constituye 68.11 ha. Su proceso de formación se debió a las corrientes antiguas generadas por las inundaciones del río Naranjo la cual consistió de cause éstas propiciando la sedimentación de materiales arenosos y limosos que han sufrido procesos de transformación.

Estos suelos se encuentran formados por un horizonte mólico seguido de un horizonte cámbico, ambos descansan sobre materiales arenosos estratificados poco desarrollados. El perfil se encuentra compuesto por una secuencia normal de horizontes integrado por Ap, Bwc y C. El horizonte Ap de color pardo grisáceo muy oscuro, franco con dominancia de partículas limosas y arenosos dentro de la fracción de tierra fina, estructura granular fina de resistencia medio a los procesos de pulverización, consistencia blanda y poco plástica en húmedo y poco adherente en mojado. El horizonte subsuperficial, Bwc de alteración, de color pardo muy oscuro, franco arenoso, estructura suelta y el horizonte C compuesto principalmente por sedimentos gruesos integrados por arenas y cenizas volcánicas poco desarrolladas.

El perfil de estos suelos muestra un velocidad de infiltración básica moderadamente lenta, equivalente a 1.67 cm/hr, la cual se alcanza a las 4 horas de contacto de una lámina de agua de 10-15 cm ( el comportamiento se encuentra definido por la ecuación de Kostiakov-Lewis  $I = 15.82 t^{-0.40807}$ ). El drenaje interno es adecuado, sin embargo, el drenaje superficial de ésta unidad de suelo es lento debido a la poca pendiente del terreno requiriendo de estructuras de drenaje superficial para la evacuación de excesos de humedad durante los meses más húmedos.

El nivel freático en esta unidad de suelo se encuentra a 1.5 m de la superficie durante el período más lluvioso (ver figura 3. Climadiagrama durante el período agosto-septiembre) y desciende a 2 m de la superficie durante marzo-abril, período en el cual la capa superficial llega a secarse siendo necesario el abastecimiento del déficit de humedad.

Químicamente (cuadro 11), los suelos de la superficie muestran una reacción ligeramente alcalina, alta capacidad de intercambio catiónico y alta saturación de bases, donde la concentración de calcio es alto, las de potasio, magnesio y sodio se encuentran en niveles adecuados. Los nutrientes disponibles en la solución del suelo, el fósforo y el potasio se encuentran en niveles deficientes en todo el perfil. En el caso de los micronutrientes, superficialmente, el cobre no se encuentra disponible sino hasta en el horizonte C, comportamiento similar se observa con las concentraciones de hierro disponible mostrando una alta concentración en el horizonte C. La disponibilidad de manganeso y zinc en el horizonte superficial es alta y disminuyen con la profundidad del suelo.

Agrológicamente los suelos pertenecen a la clase de capacidad "Ils" y según su capacidad de fertilidad a "LSdb", cuyas limitantes son: escasa profundidad del suelo bien desarrollado, encontrándose a los 35 cm mantos arenosos que interfieren en el desarrollo radicular profundo de algunos cultivos debido a la escasez de humedad ante la baja capacidad de retención de la misma, lo cual no ocurre en cultivos de desarrollo radicular profundo.

Bajo condiciones del cultivo de la caña de azúcar las actividades para conservar y mejorar la fertilidad de los suelos así como algunas propiedades físico-químicas son:

- Manejo adecuado de los residuos de cosecha mediante la recolección y apilamiento a cada 5 surcos para su descomposición y posterior incorporación al suelo a través de las labores del cultivo. La dinámica de manejo de los residuos de cosecha debe realizarse cambiando el surco de confinamiento a un siguiente surco durante cada ciclo de zafra. La importancia del manejo de la materia orgánica en el suelo estriba en la capacidad tampón y reguladora de la reacción del suelo, así como en el proceso cambiante de nutrientes que se aplican al cultivo, además por su capacidad en la retención de humedad.

El manejo de fertilizantes, deben aplicarse al cultivo los nutrientes que son deficientes en fuentes reacción ácida, en dosis equivalentes a los requerimientos del cultivo de acuerdo a los rendimientos de caña industrial esperados (ver cuadro 40). Los fertilizantes a aplicar en estos suelos resultan más eficientes en su presentación granulada aplicados en bandas al pie del surco en forma superficial o ligeramente cubierto cuando las condiciones de humedad del suelo se encuentren a capacidad de campo.

En lo que a mecanización refiere, las labores mecanizadas profundas se encuentran limitadas por la escasa profundidad del suelo desarrollado el cual descansa sobre materiales aluviales arenosos gruesos los cuales al ser mezclados con el suelo superficial producen la pérdida de las propiedades físicas y químicas del suelo, tales como la textura, estructura, cambio en las constantes de humedad del suelo en cuanto a la eficiencia de almacenamiento de humedad. De esta manera las labores de arado y rastreo no son plenamente necesarias en el proceso de renovación de plantaciones por lo que es más eficiente el desarrollo de un sistema de labranza mínima.

La labor de surqueo-fertilización previo a la siembra, el proceso de deposición de fertilizantes fosforados en el fondo del surco resulta una práctica inadecuada bajo las condiciones del suelo debido a que el fertilizante es aplicado directamente sobre el horizonte del suelo cuya textura es arenosa sufriendo procesos de lixiviación aunado a la incapacidad del cultivo de poderlo aprovechar debido a la ausencia del sistema radicular funcional.

En lo que al uso del agua de riego se refiere, el sistema de riego más adecuado es por aspersión. Requiriéndose de acuerdo a las condiciones de evapotranspiración y a las propiedades del suelo (constantes de humedad) tanto en riego de germinación en las renovaciones así como en el levantado de caña soca, una lámina neta de humedad inicial de 11.48 cm y una lámina bruta de aplicación de 15.30 cm mediante el uso del equipo de riego por aspersión actualmente disponible (características del equipo de riego por aspersión sección 7.3.1.6.), Para un tiempo de riego equivalente a 3 horas con 45 minutos y una frecuencia de riego de 16 días para una lámina de riego de 9.94 cm, para un tiempo de riego de 2 horas con 30 minutos; bajo un déficit de manejo permitido de la humedad rápidamente aprovechable del 65 %.



## - Terrazas Antiguas del río Naranjo en el Bosque de Palo Pinta (P-06)

### Descripción del Pedón P-06

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'48" Latitud Norte y 90°45'22" Longitud Oeste, ocupa parte del bosque de la Colmena en la subunidad productiva de Palo Pinta. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 28-5-96  |
| Posición:                 | Bosque Palo Pinta.   |
| Elevación:                | 26 msnm  |
| Pendiente:                | menor 1 % dirección sudeste.   |
| Vegetación o cultivo:     | Café de azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial lento e interno moderadamente lento.   |
| Régimen de humedad:       | Udico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguos de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.  |
| Epipedón:                 | Mófico.  |
| Endopedón:                | Cámbico de alteración  |
| Clasificación Taxonómica: | Fluventic Hapludolls francosa fina.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-06

| Horizonte | Prof. (cm) | Descripción  |
|-----------|------------|--|
| Ap        | 0-30       | Gris pardusco claro en seco (10YR 6/2), gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo, textura franco arcillosa, estructura granular fina de grado medio, consistencia firme en húmedo, muy adherente y muy plástico en mojado. |
| Bw        | 30-82      | Pardo oscuro (10YR 4/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), textura franco arenosa, estructura suelta, consistencia suelta no plástico y no adherente.   |
| C         | > 82       | Compuesto por materiales subsecuentes de materiales arenosos de estructura-suelta y consistencia suelta de color gris muy oscuro.  |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-06

Cuadro 12. Análisis Físico del Pedón P-06 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en el Bosque de Palo Pinta.

| PROF | Hte   | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|------|-------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|      |       | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| Ap   | 0-30  | 30.30                       | 43.05 | 26.65  | Franco arcilloso  | 45.71                | 24.90    | 2.1052                            | 1.0526   | 50                     |
| Bw   | 30-82 | 7.71                        | 36.28 | 56.01  | Franco arenoso    | 39.54                | 20.50    | 2.1621                            | 1.081    | 50                     |
| C    | > 82  | ---                         | ---   | ---    | Arenas            | ---                  | ---      | ---                               | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa)

Cuadro 13. Análisis Químico del Pedón P-06 de las Terrazas Antiguas del río naranjo en el Bosque de Palo Pinta.

| PROF<br>(cm) | Hte | MO   | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cm/Lkg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Lkg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|--------------|-----|------|----------------------------------|------|-------|------|-----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|              |     |      | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                 |       | Agua | Naf  | P                                 | K    | Cl   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-30         | Ap  | 2.93 | 18.21                            | 1.24 | 10.81 | 0.78 | 69.12           | 44.92 | 7.35 | 9.10 | 3.02                              | 1.54 | 0.00 | 0.00  | 10.41 | 1.08 |
| 30-82        | Bw  | 0.39 | 6.17                             | 0.27 | 5.70  | 1.04 | 25.13           | 54.28 | 7.03 | ---  | 3.88                              | 0.31 | 2.28 | 20.68 | 13.76 | 1.44 |
| > 82         | C   | ---  | ---                              | ---  | ---   | ---  | ---             | ---   | ---  | ---  | ---                               | ---  | ---  | ---   | ---   | ---  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cm/Lkg: Centímoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en nafafina.

Las terrazas antiguas del río Naranjo en el bosque de Palo Pinta constituyen, la parte distal de las terrazas antiguas del río Naranjo que componen los suelos Fluventic Hapludolls francosa que recorren la parte baja de la subunidad productiva de Amazonas y la parte alta de la subunidad productiva de Iguazú constituidas por sedimentos finos de la formación de las terrazas aluviales antiguas del Naranjo que penetraron a la subunidad productiva de Palo Pinta y se prolongan cercanas al bosque hasta el zanjón Las Malicias. Constituye un área de 73.40 ha, las cuales presentan un relieve plano con pendiente menor de 0.5 % por lo que presenta un muy bajo drenaje superficial permitiendo la formación de espejos de agua sobre la superficie, requiriendo de estructuras de ingeniería para la eliminación de los excesos de agua en el suelo, los suelos muestran una muy baja velocidad de infiltración del agua a través del perfil presentando una velocidad de infiltración básica de 1.5 cm/hr la cual se alcanza escasamente a los 95 minutos de estar el suelo en contacto con una lamina de 10-15 cm de agua (ecuación de infiltración según modelo de Kostiakov-Lewis;  $I = 7.3 t^{-3474}$ ). El nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.75 m durante los meses más húmedos de la estación lluviosa (ver figura 3. Climadiagrama y figuras 25-28: Planos de Isobatas e Isohipsas) y a 2.00 m durante el período crítico de la estación seca (marzo-abril). Los suelos se han desarrollado a partir de materiales aluviales compuestos por arenas y cenizas volcánicas, el perfil muestra una secuencia normal de horizontes (Ap, B y C). El horizonte Ap de 30 cm de espesor de color gris pardusco claro en seco, textura franco arcillosa, de estructura granular fina, consistencia firme y muy plástico y adherente en mojado. El horizonte Bw (cámbico de alteración), de unos 52 cm de espesor, color pardo oscuro en seco, textura franco arenosa, estructura suelta, consistencia suelta, no plástico y no adherente en mojado. El horizonte C el cual se encuentra a los 82 cm a partir de la superficie, se encuentra compuesto por capas subsecuentes de arenas suelta de color café quemado oscuro a negro.

El cuadro 13 de los análisis químicos del pedón muestran contenido moderado de materia orgánica en el horizonte Ap disminuyendo abruptamente en los horizontes inferiores del suelo. La reacción del suelo es ligeramente alcalina, con muy alta capacidad de intercambio catiónico y alta saturación de bases principalmente saturado con calcio (26 %) mientras que el magnesio y sodio se encuentran en niveles adecuados, excepto el potasio cuya concentración en la fase cambiante es baja. El horizonte Bw, muestra una capacidad de intercambio moderada con una saturación de bases mayor del 50 % en la que el calcio y magnesio se encuentran en niveles adecuados de concentración y saturación, el sodio muestra niveles cercanos al 5 % de concentración sin presentar aun efectos dañinos tanto al suelo como a los cultivos, la saturación de cationes de calcio dentro de la fase cambiante del suelo se encuentra en niveles muy bajos en este horizonte.

La disponibilidad de los elementos en la solución del suelo; el fósforo y potasio, se encuentran en niveles deficientes desde la superficie hasta el horizonte C, los micronutrientes disponibles en la solución del suelo, se observa que superficialmente (Ap) solo se encuentran disponibles el manganeso y zinc, mientras que en el Horizonte Bw, los micronutrientes se encuentran en niveles adecuados de concentración.

Agrológicamente, según USDA, corresponden a la Clase "II" y según su capacidad de fertilidad en "LLgk", cuyas limitantes de uso son: escaso drenaje del suelo, siendo necesaria la construcción de estructuras

de drenaje superficial, baja fertilidad, pero esencialmente, muy escasa concentración de potasio tanto dentro de la fase intercambiable del suelo como en su disponibilidad en la solución del suelo.

El suelo es apto para los cultivos adaptados a las condiciones preponderantes del área bajo un sistema de aprovechamiento intensivo mediante el uso de riego durante la época seca, siendo el más adecuado el sistema de riego por aspersión, bajo el manejo adecuado de la materia orgánica a través de la incorporación de restos de cosecha, moderada mecanización de los suelos y el uso de fertilizantes con fuentes ricas en nitrógeno, fósforo y esencialmente potasio.

Para el cultivo de la caña de azúcar, el suelo no presenta limitaciones considerables, siendo tolerable a los periodos en los cuales el suelo se encuentra sobresaturado afectando específicamente algunas labores del cultivo tales como aplicaciones de químicos para el control de malezas y fertilizaciones las cuales no se realizan a tiempo por la poca accesibilidad.

Los restos de cosecha deben ser colectados y confinados sobre la superficie del suelo (entre surco) para facilitar su proceso de descomposición e incorporación posterior a través de las labores del cultivo, cambiando de surco de confinamiento en cada ciclo productivo de la caña.

El requerimiento de fertilizantes en este cultivo son altos debido a la baja disponibilidad principalmente de macronutrientes en la solución del suelo (y en la fase intercambiable) por lo que deben ser aplicados al suelo de acuerdo a las necesidades del cultivo y a los niveles de producción industrial esperados por unidad de área (ver cuadro 40: requerimientos de nutrientes del cultivo de caña de azúcar por 100 toneladas de caña industrial/ha).

En cuanto al manejo del agua de riego, para el cultivo de caña de azúcar, basado en la capacidad de retención de humedad y los requerimientos del cultivo en los procesos de riego de germinación o riego de levantado de caña soca bajo condiciones de punto de marchitez permanente del suelo, se determinó una lámina bruta de riego de 14.02 cm (lámina neta de 10.51 cm, con un 75 % de eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión en operación) con un tiempo de aplicación de 3 horas y 30 minutos y una frecuencia de riego de 15 días para una lámina bruta de riego de 9.10 cm (a un 65 % de déficit de manejo permitido de la humedad rápidamente aprovechable del suelo) aplicados en un tiempo de riego de 2 horas con 15 minutos.

## - Terrazas Antiguas del río Naranjo del zanjón Las Malicias (P-07).

### Descripción del Pedón P-07

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'52" Latitud Norte y 90°45'08" Longitud Oeste, ocupa parte del bosque de la Colmena en la subunidad productiva de Palo Pinto.  |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Fecha:                    | 29-5-96   |
| Posición:                 | Cabecera de Inundación de Palo Pinto y Río Plata.   |
| Elevación:                | 26 msnm   |
| Pendiente:                | menor 2 % al Sur.   |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial rápido, drenaje interno moderadamente lento.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isohipotérmico.   |
| Erosión:                  | Se presentan rastros de erosión hídrica en forma laminar o en surcos por efecto de corrientes superficiales de drenaje natural y desbordamientos de aguas del Zanjón Las Malicias lo cual ocurre en su parte inicial. |
| Material original:        | Deposiciones aluviales Antiguas de Sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.   |
| Epipedón:                 | Mófico.   |
| Endopedón:                | Cámbico de alteración   |
| Clasificación taxonómica: | Fluvenil: Hapludolls francosa gruesa.   |

### Descripción del Pedón P-07

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0-24        | Pardo grisáceo (10YR 5/2), gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo, textura franca con alto contenido de limos y arcillas, sensación jabonosa al tacto, estructura granular media de grado débil, consistencia friable en húmedo, poco plástico y poco adherente en mojado.  |
| Bw        | 24-75       | Gris (10YR 5/1) en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), horizonte cámbico de alteración que presenta una textura franco arenosa con sensación limosa al tacto, estructura en bloques finos de grado débil, consistencia friable en húmedo, poco plástico y poco adherente. La época en la que el suelo se seca, este horizonte forma una capa semiendurecida, con la presencia de muchos poros muy finos. |
| C         | a más de 75 | Compuesto por materiales subsiguientes de materiales arenosos de estructura suelta y consistencia suelta de color gris muy oscuro, con la presencia de un 16% materiales fragmentales.  |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-07

Cuadro 14. Análisis Físico del Pedón P-07 de las Terrazas Antiguas del río naranjo en el zanjón Las Malicias.

| PROP | Hte   | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|------|-------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|----------------------------------|----------|------------------------|
|      |       | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                             | Aparente |                        |
| Ap   | 0-24  | 17.39                       | 46.34 | 36.27  | Franco            | 37.55                | 18.52    | 2.222                            | 1.0811   | 51.35                  |
| Bw   | 24-75 | 12.10                       | 27.31 | 60.59  | Franco<br>arenoso | 28.04                | 13.62    | 2.3529                           | 1.1785   | 49.91                  |
| C    | > 75  | ---                         | ---   | ---    | Arenas            | ---                  | ---      | ---                              | ---      | ---                    |

PROP: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascuales (presión negativa).

Cuadro 15. Análisis Químico del Pedón P-07 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en el zanjón Las Malicias.

| PROP<br>(cm) | Hte   | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microg/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-------|---------|-----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |       |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | NaF | P                                | K    | Ca   | Fe   | Mn    | Zn   |
| Ap           | 0-24  | 2.68    | 14.72                             | 1.15 | 10.44 | 1.30 | 56.16          | 41.23 | 7.99 | 9.2 | 2.43                             | 1.54 | 0.00 | 0.00 | 19.75 | 1.04 |
| Bw           | 24-75 | 0.79    | 6.49                              | 1.16 | 10.53 | 2.96 | 30.16          | 55.37 | 9.17 | 9.5 | 4.75                             | 1.57 | 0.00 | 0.44 | 14.32 | 1.36 |
| C            | > 75  | ---     | ---                               | ---  | ---   | ---  | ---            | ---   | ---  | --- | ---                              | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  |

PROP: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, NaF: Medición de la resaca del suelo (pH) en naitina.

Esta unidad de mapeo constituye 82.76 ha las cuales se encuentra localizada en la parte alta (Norte) de las subunidades productivas de Palo Pinta y Río Plata, constituye la parte distal de los causes antiguos de las salidas de madre del Río Naranjo que se observan en la subunidad productiva de Amazonas y recientemente afectadas por procesos erosivos de corrientes superficiales que desembocan en el zanjón Las Malicias. En consecuencia, el drenaje superficial del suelo es muy rápido, dejando rastros de procesos de erosión, esencialmente laminar en cuya superficie se observan remanentes de partículas gruesas del suelo; siendo los materiales de tierra fina, nutrientes, así como la materia orgánica del suelo arrastrada hacia el zanjón. El microrelieve local se presenta con ondulaciones leves y pendiente de 2 % con dirección Sur.

Del estudio de agua subterránea (figuras 25-28, planos de isobatas e isohipsas), el nivel freático se encuentra a 1.66 m de la superficie del suelo durante la época más húmeda de la estación lluviosa (agosto-septiembre) el cual fluctúa hasta una profundidad de 2.05 m, que ocurre en los meses más críticos de la estación seca (marzo-abril). El suelo muestra una velocidad de infiltración moderadamente lenta equivalente a 0.9 cm/hr, cuyo comportamiento se encuentra determinado por la ecuación  $I = 19.11 t^{-0.5155}$  (modelo Kostiakov-Lewis).

El perfil se encuentra compuesto por un horizonte mólico muy superficialmente ha sido degradado por los procesos erosivos a que se encuentra expuesto, subsecuente a éste se encuentra un horizonte cámbico (Bw), ambos horizontes descansan sobre materiales gruesos compuestos por cenizas y arenas volcánicas sin matriz de materiales finos. El Horizonte Ap, muy superficial, con muy poco espesor muestra una coloración pardo grisácea en seco, textura franca con alto contenido de limo en la fracción de tierra fina, consistencia friable en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado, estructura granular media de grado débil, el Horizonte Bw muestra un espesor de unos 24 cm, color gris en seco, textura franco arenosa, estructura en bloques finos de grado débil, consistencia friable en húmedo, muy poco adherente y muy poco plástico en mojado. Constituye una capa semiendurecida cuando seco. El horizonte C se encuentra compuesto por arenas gruesas de color gris oscuro, sueltas con bajo contenido de materiales finos menores de 0.002 mm.

Los análisis químicos de los horizontes del perfil (cuadro 15), muestran muy bajo contenido de materia orgánica en el horizonte superficial (Ap), cuyos niveles disminuyen en los horizontes subsecuentes.

El suelo superficial muestra una reacción fuertemente alcalina, alta capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases, presentando niveles de saturación adecuada los cationes de calcio, magnesio y sodio, mientras que la concentración de potasio se encuentra baja. El horizonte Bw, muestra una reacción extremadamente alcalina con una capacidad de intercambio catiónico adecuada y una alta saturación de bases en donde la concentración de sodio se encuentra en niveles de concentración alta en condición de peligro para los cultivos (2.96 Cmoles/kg de suelo, 7.76 % de saturación de la fase cambiante del suelo), adecuada concentración de calcio, magnesio y baja concentración de cationes de potasio.

Del estudio de los elementos disponibles en la solución del suelo, el fósforo y el potasio se encuentran en niveles muy bajos, según los niveles críticos de evaluación de la fertilidad de los suelos. Los

micronutrientes, el cobre y hierro, no se encuentran en forma disponible en la solución del suelo, mientras que, el manganeso y el zinc si se encuentran en niveles concentración adecuadas.

Agrológicamente esta unidad de mapeo corresponde a la clase "llse" según el método USDA y según su capacidad de fertilidad los suelos se clasifican en "LSdbk", cuyas limitantes puntuales lo constituyen la escasa profundidad del horizonte superficial y los efectos de erosión laminar por el flujo superficial de agua. Son aptos para cultivos limpios de temporada, semipermanentes o permanentes, ganadería y bosques manejados. Estos suelos soportan un uso intensivo bajo un moderado uso de prácticas mecanizadas que incluyen labores no muy profundas del suelo y prácticas de manejo de materia orgánica en el suelo.

En el caso del cultivo de la caña de azúcar (y otros cultivos) debido a la baja fertilidad del suelo se hace necesaria la aplicación de fertilizantes completos (N, P y K) así como la adición de microelementos al suelo, específicamente de cobre y hierro de acuerdo a los requerimientos del cultivo con base en los niveles de producción de caña industrial esperados (ver cuadro 40. de los requerimientos de nutrientes del cultivo de la caña de azúcar para la producción de 100 ton de caña industrial).

Debido al bajo contenido de materia orgánica en el suelo, los residuos de cosecha deben ser incorporados al suelo, evitando los procesos de requema, cumpliendo la función adicional de protección al suelo contra los procesos de erosión a los que este se encuentra expuesto.

El manejo de agua de riego para el levantado de caña soca y riegos de germinación en renovaciones del cultivo, se determinó la aplicación de una lámina bruta de agua para riego inicial de 12.47 cm (lámina neta 9.3559 cm, a un 75 % de eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión, y una profundidad de manejo del cultivo de 50 cm) para un tiempo de aplicación de 3 horas, asumiendo condiciones de humedad del suelo cercano al punto de marchitez permanente y una frecuencia de riego de 15 días con una lámina de aplicación de 8.108 (lámina neta de 6.08 cm) para un tiempo de riego de 2 horas.

## - Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Baja de Río Plata (P-08).

### Descripción del Pedón P-08

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'58" Latitud Norte y 90°44'30" Longitud Oeste, a inmediaciones del lote 29 de la subunidad productiva de Río Plata. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 30-5-96  |
| Posición:                 | Planicie baja de Río Plata.  |
| Elevación:                | 26 msnm.   |
| Pendiente:                | Menor 0.05 % al Sudoeste hacia el Zanjón las Malicias.   |
| Vegetación o cultivo:     | Cafía de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial muy lento y deficiente, drenaje interno moderado.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.  |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.  |
| Epipedón:                 | Móico  |
| Endopedón:                | Cámbico.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbolls francosa gruesa.   |

### Descripción del Pedón P-08

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0-35        | Gris (10YR 5/2) en seco, pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, textura franca con alto contenido de la fracción fina principalmente por materiales limosos, estructura blocosa de clase media y grado débil consistencia firme en húmedo y muy adherente y plástico en mojado. Se observan digitaciones entre los horizontes Ap y B con una longitud de 15 cm. sistema radicular del cultivo desarrollado en este horizonte y en forma paralela a la superficie del suelo. |
| Bwq       | 35-84       | Horizonte que muestra una coloración pardo oliváceo claro en seco (2.5YR 5/4) y pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3), textura franca arenosa, con más de un 20% de materiales limosos dentro de la composición de tierra fina, estructura granular media de grado débil, consistencia muy friable, ligeramente adherente y plástico en mojado.  |
| C         | a más de 84 | Compuesto por capas consecutivas de materiales arenosos con diámetro mayor a los 2 mm, color pardo grisáceo. El horizonte C observó a una profundidad de 125 cm (profundidad de calicata) y se prolongó más de los 125 cm.   |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-08

**Cuadro 16. Análisis Físico del Pedón P-08 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Baja de Río Plata.**

| PROF  | Hte | GRANULOMETRIA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCION DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|-----|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |     | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-35  | Ap  | 15.15                       | 33.28 | 51.28  | Franco            | 32.38                | 18.14    | 2.222                             | 1.429    | 35.68                  |
| 35-84 | Bwq | 8.77                        | 22.64 | 68.60  | Franco<br>arenoso | 31.43                | 17.09    | 2.666                             | 1.4288   | 46.40                  |
| > 84  | C   | 8.36                        | 0.73  | 92.37  | Arenas            | 10.26                | 9.47     | 2.500                             | 1.2903   | 48.38                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 17. Análisis Químico del Pedón P-08 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie baja de Río Plata.**

| PROF<br>(cm) | Hte | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |      |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|--------------|-----|---------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|              |     |         | Ca                                | K    | Mg   | Na   |                |       | Agua | Naf. | P                                 | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-35         | Ap  | 2.13    | 20.98                             | 0.31 | 6.17 | 1.39 | 48.98          | 56.98 | 6.98 | 9.00 | 2.85                              | 4.72 | 0.00 | 7.14  | 32.98 | 4.87 |
| 35-84        | Bwq | 0.21    | 12.72                             | 0.94 | 6.54 | 0.45 | 30.24          | 88.30 | 7.37 | 9.2  | 2.28                              | 1.27 | 2.08 | 82.20 | 11.24 | 1.72 |
| > 84         | C   | 0.09    | 3.99                              | 0.28 | 3.00 | 0.37 | 12.96          | 59.99 | 7.48 | 8.6  | 3.75                              | 0.68 | 1.68 | 57.80 | 16.48 | 3.96 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centímoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en nafalina.

Esta unidad de mapeo constituye un área de 68.81 ha que se ubican en la planicie baja de la subunidad productiva de Río Plata, desarrollada a partir de sedimentos aluviales compuestos principalmente de cenizas y arenas volcánicas. Esta unidad de suelo presenta un relieve plano, con pendiente menor de 0.05%, drenaje superficial muy lento, con dirección del flujo del Nordeste hacia el zanjón Las Malicias, permeabilidad del suelo moderada, equivalente a 5.22 cm/hr cuyo comportamiento se define por el modelo de Kostiakov-Lewis  $I=25.1188 t^{-0.3097}$ . El nivel freático se observa a 2.00 m de la superficie en el período más seco (marzo-abril) y de 1.5- 1.75 m durante el período más húmedo de la estación lluviosa; agosto-septiembre (ver figura 25-28 de planos de isobatas e isohipsas del estudio de agua subterránea).

El perfil se encuentra formado por una secuencia normal de horizontes; Ap, B y C. El horizonte Ap es un horizonte mólico disturbado por las labores del cultivo, de un espesor de 35 cm, pardo grisáceo oscuro cuando seco, textura franca limosa, estructura blocosa fina de grado débil. El horizonte Bw, cámbico, con un espesor de 50 cm, color pardo oliváceo claro por presencia de moteaduras por efecto de exceso de humedad, textura franco arenosa, estructura granular fina de grado débil, consistencia friable en húmedo, ligeramente adherente y plástico en mojado. El horizonte C; compuesto por capas sucesivas de arenas finas y gruesas de origen volcánico de colores oscuros y rojos.

Los resultados de los análisis físico-químicos (cuadros 16 y 17) muestran en el horizonte superficial (Ap) bajo contenido de materia orgánica (menor de 2.5 %) y mucho más bajo en los horizontes inferiores, reacción neutra y moderadamente alcalina en los horizontes inferiores. El horizonte Ap muestra alta capacidad de intercambio catiónico, una alta saturación de bases intercambiables, mayor del 50 %, predominantemente saturado con calcio cuya concentración se encuentra alta, los niveles de concentración del magnesio y sodio son adecuadas, sin embargo, las concentraciones de potasio son deficientes. El horizonte Bwg, presenta una reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico, muy alta saturación de bases (mayor del 80%) en donde las concentraciones de calcio, magnesio y sodio son adecuadas según los niveles críticos para evaluación de la fertilidad del suelo, sin embargo el potasio se presenta en niveles deficientes.

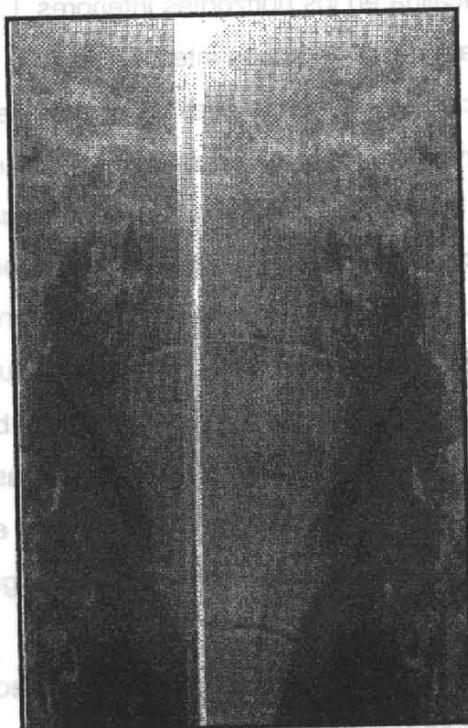
El horizonte C, compuesto por arenas finas y gruesas muestran una muy baja capacidad de intercambio catiónico, con alta saturación de bases y concentraciones bajas de calcio, magnesio, potasio y sodio. La disponibilidad de nutrientes en el suelo es baja, el fósforo y potasio disponible en la solución del suelo es baja. El cobre no se encuentra en forma disponible, mientras que en los horizontes subsuperficiales la concentración de éste es baja, las concentraciones de hierro, zinc y manganeso disponibles son adecuadas en el perfil.

Los suelos de esta unidad de suelo, agrológicamente pertenecen a la clase de uso potencial "llw" y según su capacidad fertilidad corresponden a la clasificación "LLgk" cuyas limitantes de uso son: Ligeros problemas de acumulación de agua sobre la superficie durante la estación lluviosa que restringe parcialmente el desarrollo de algunas labores de cultivo. El suelo muestra cierto proceso de gleización, corregible a través de un sistema de drenaje superficial. El suelo presenta condiciones favorables para cultivos adaptados la región

bajo un sistema de producción intensivo, mecanizable mediante el manejo adecuado de la humedad del suelo (control de los excesos de humedad así como agua de riego), manejo adecuado de la materia orgánica del suelo a través de la incorporación de los restos de cosecha para la conservación y mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Para el cultivo de la caña de azúcar, el suelo no presenta limitaciones que restrinjan severamente su desarrollo, sin embargo, debido a la baja fertilidad del suelo es necesario en lo más posible la incorporación al suelo de los restos de cosecha y evitar la requema y su efecto negativo al suelo, de la misma manera se requiere del manejo de fertilizantes en dosis de acuerdo al los requerimientos del cultivo en función de los volúmenes de caña industrial esperados (ver cuadro 40).

En cuanto a las necesidades de riego, con base en los requerimientos de riego de la caña de azúcar para condiciones de humedad del suelo cercana a la capacidad de campo en actividades de renovaciones de plantaciones o levantado de caña soca (después de cosecha); se determinó el requerimiento de una lámina neta de humedad 10.71 cm y una lámina bruta 14.28 cm, basado en un 75 % de eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión (de acuerdo a las características del sistema de riego por aspersión disponible, descripción en la sección 7.3.1.6.) para un tiempo de aplicación de 3 horas con 20 minutos en el riego inicial y una frecuencia de riego de 15 días para una lámina de riego equivalente a 6.61 cm (determinada en base a un 65 % de déficit de manejo permitido de la humedad rápidamente aprovechable del suelo) para un tiempo de aplicación de 1 hora con 30 minutos de riego.



*Figura 10. Perfil del Pedón P-08 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo de la Planicie Baja de Río Plata.*

*Suelos Typic Argialbolls franca. Horizontes A y B con coloraciones pardo grisáceo y verde oliváceo por efectos de exceso de humedad por algún período durante la estación lluviosa.*

## - Terrazas Antiguas del río Naranjo en Orinoco (P-09).

### Descripción del Pedón P-09

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'17" Latitud Norte y 90°45'15" Longitud Oeste, a inmediaciones del lote 12 de la subunidad productiva de Orinoco. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 22-5-96  |
| Posición:                 | Planicie media de Orinoco.   |
| Elevación:                | 27 msnm  |
| Pendiente:                | 1 % al Sudeste hacia el zanjón Las Matucias.   |
| Vegetación o cultivo:     | Café de azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial moderado y drenaje interno moderadamente rápido.   |
| Régimen de humedad:       | Udico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.  |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.  |
| Epipedón:                 | Mólico   |
| Endopedón:                | Cámbico de Alteración.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbolls francosa fina.   |

### Descripción del Perfil del Pedón P-09

| Horizonte | Prof. (cm) | Descripción   |
|-----------|------------|---|
| ApA1      | 0-50       | Gris oscuro (10YR 4/1) en seco, negro (10YR 2/1) en húmedo, textura franca con alto contenido de la fracción fina, estructura granular fina de grado débil o masiva, consistencia friable en seco, muy friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado. Sistema radicular del cultivo muy desarrollado en este horizonte y se desarrolla en forma paralela a la superficie del suelo.   |
| Bw1c      | 50-74      | Horizonte que muestra una coloración amarillenta a gris pardo en seco (2.5YR 6/2) y gris pardo claro en húmedo, textura franca, con más de un 50% de materiales finos dentro de la composición de tierra fina, consistencia friable en húmedo, débilmente plástica y débilmente adherente en mojado. En el límite inferior de este horizonte se detectó la presencia de concreciones limosas de consistencia moderada a la pulverización por presión entre los dedos pulgar y medios. Las concreciones presentaron reacción ligera a la prueba de campo de HCl 0.1 N para la determinación de carbonatos. |
| C         | más de 74  | Compuesto por capas consecutivas de materiales arenosos con diámetro mayor a los 2 mm y ligera reacción a la prueba de campo de carbonatos con HCl 0.1N. Se encontró a los 94 cm de la superficie del suelo el nivel freático.  |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-09

Cuadro 18. Análisis Físico del Pedón P-09 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Orinoco.

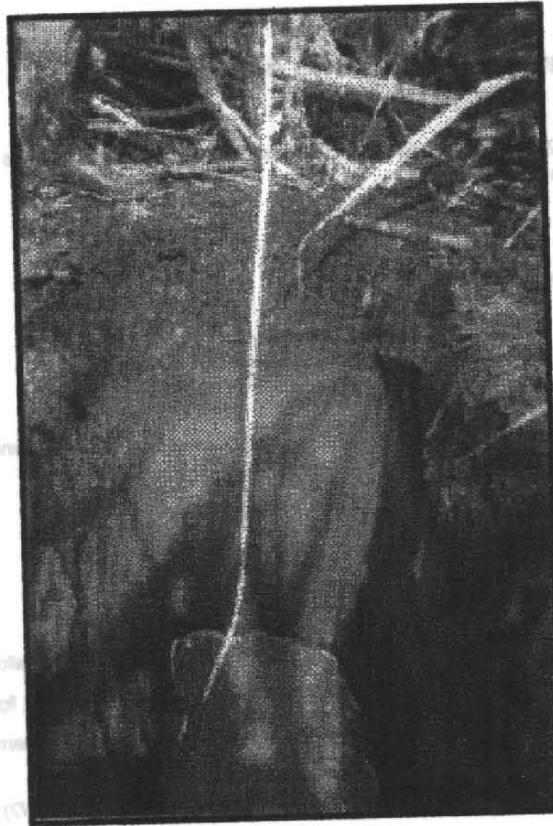
| PROF  | Hte  | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|----------------------------------|----------|------------------------|
|       |      | Arcilla                     | Limo  | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                             | Aparente |                        |
| 0-56  | ApA1 | 23.61                       | 33.21 | 43.18  | Franco            | 42.72                | 22.82    | 2.1621                           | 1.1429   | 47.13                  |
| 56-74 | Bw1c | 8.80                        | 41.97 | 49.23  | Franco            | 44.54                | 9.00     | 2.4242                           | 1.1429   | 52.85                  |
| > 74  | C    | ---                         | ---   | ---    | Arena             | ---                  | ---      | ---                              | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascasles (Presión negativa)

Cuadro 19. Análisis Químico del Pedón P-09 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Orinoco.

| PROF<br>(cm) | Hte  | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg |      |       |      | CIC<br>mmol/Kg | %SB   | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/Kg |      |      |      |       |      |
|--------------|------|---------|----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|------|----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |      |         | Ca                               | Mg   | Na    | K    |                |       | Agua | NaF  | P                                | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-56         | ApA1 | 2.33    | 23.95                            | 1.74 | 13.98 | 0.43 | 69.12          | 58.90 | 8.00 | 9.30 | 4.17                             | 1.93 | 0.00 | 0.00 | 37.52 | 1.15 |
| 56-74        | Bw1c | 0.18    | 11.23                            | 0.96 | 8.26  | 0.87 | 37.44          | 56.96 | 7.97 | 9.30 | 4.81                             | 1.38 | 1.76 | 10.0 | 13.20 | 2.04 |
| > 74         | C    | ---     | ---                              | ---  | ---   | ---  | ---            | ---   | ---  | ---  | ---                              | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/Kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/Kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en nitrato.



*Figura 11. Perfil del Pedón P-09 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en Orinoco. Suelos Typic Argialbolls, presentan una secuencia de horizontes Ap, A1, Bwtrc, estructura superficial granular fina de grado débil. Presencia del nivel freático en el horizonte Bwtrc.*

Las terrazas antiguas del río Naranjo que se presentan en la subunidad productiva de Orinoco constituyen un área de 148.08 ha, cuyo origen se debe a deposiciones de materiales finos y medios de las áreas que circundan los causes antiguos de corrientes de inundación que contribuyeron a la formación de la planicie aluvial del río Naranjo, son suelos de relieve uniforme con un microrelieve muy levemente ondulado, que en ocasiones llega a formar pequeños espejos de agua sobre la superficie del suelo de no muy larga duración, lo cual ocurre durante los períodos de lluvia prolongados, en general el drenaje superficial es moderado, mientras que, el drenaje interno se presenta moderadamente rápido con una velocidad de infiltración básica equivalente a 11.037 cm/hr (la cual se alcanza a un tiempo de 2 horas con 15 minutos bajo condiciones de suelo saturado), actualmente se mantiene un sistema de estructuras de drenaje superficial (red de drenes), el nivel freático se encuentra de 1.75 a 2.00 m de la superficie durante los meses más húmedos (agosto-septiembre) así mismo, tales variaciones se mantienen durante la época seca (marzo-abril).

Esta unidad presenta un perfil normal en el que se presentan un horizonte ApA1 de un espesor de 50 cm en cuya superficie se presentan materiales arcillosos y disturbado por las labores agrícolas, de manera que, en su límite inferior se observan procesos de iluviación, en donde partículas finas del suelo han sido removidas hacia el horizonte subsiguiente evidenciable por la tonalidad más clara

del suelo que lo compone, el horizonte presenta una textura franca fina de color gris oscuro en seco con alta densidad aparente del suelo y tendencia a la formación masiva de las partículas por pérdida de su estructura original (granular fina de grado débil) por efectos de labores mecanizadas, paso de maquinaria durante procesos de cosecha y el efecto de la pérdida constante de los materiales orgánicos que componen el suelo. El horizonte Bwtrc(Cámbico de alteración) compuesto por materiales limosos y arcillosos eluviados y por formación in-situ, color gris pardo claro, textura franca. El horizonte C compuesto por una secuencia de capas finas de arenas y cenizas volcánicas.

Del análisis físico-químico de los horizontes del perfil (cuadros 18-19) se observa que el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial es bajo y decrece en los horizontes inferiores.

La reacción del suelo en el horizonte superficial (Ap); que es donde se observa el mayor desarrollo radicular, es fuertemente alcalina, al igual que en el horizonte B, con una muy alta capacidad de intercambio catiónico de la fase cambiante del suelo y alta saturación de bases predominantemente por la alta saturación de calcio (34 %), mientras que la concentración de magnesio y sodio son adecuadas excepto la presencia del potasio dentro de la fase cambiante cuya concentración es extremadamente baja. La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo en este horizonte es baja, tal como se observa en el cuadro 19 de análisis químico en donde los niveles de fósforo pero principalmente de potasio, se presentan en niveles muy bajos de concentración.

En lo que a los micronutrientes disponibles en la solución del suelo se refiere, el cobre y el hierro no se encuentran en forma disponible mientras que la concentración de manganeso y zinc es adecuada.

El horizonte subsuperficial presenta una alta capacidad de intercambio catiónico y una alta saturación de bases en donde el calcio, magnesio y sodio se encuentran en niveles de concentración adecuados dentro de la fase cambiante del suelo, sin embargo el potasio se encuentra en niveles muy bajos de concentración. La disponibilidad de fósforo y potasio en la solución del suelo es baja, mientras que, la disponibilidad de los micronutrientes es adecuada.

Por sus características, los suelos de ésta unidad de mapeo corresponden a la Clase "II" (USDA) y según su capacidad de fertilidad corresponde a la clasificación "LLK" suelos con muy pocas limitaciones, aptos para uso agrícola bajo sistema intensivo de uso, con algunas restricciones en la mecanización y bajo condiciones de riego durante la estación seca siendo el sistema más adecuado el riego por aspersión. La condición limitante del suelo corresponde a la baja fertilidad, principalmente deficiente en fósforo y potasio. En lo que al cultivo de la caña de azúcar refiere, éstos suelos no presentan limitantes que restrinjan el desarrollo del mismo, sin embargo, el suelo es susceptible a cambios en su composición física y química por efecto de manejo, principalmente por efectos de mecanización excesiva. De manera que la producción cañera extrae de la reserva del suelo grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica que no son devueltos al mismo, de igual manera las prácticas de quemas y requemas

ejercen un efecto negativo al suelo desde la pérdida de materiales de síntesis orgánica hasta la mineralización del suelo pasando por pérdida de la actividad biológica del suelo.

El manejo del cultivo de caña de azúcar debe al menos evitar la requema de los restos de cosecha realizando la recolección y confinamiento sobre un surco para su proceso de descomposición e incorporación posterior por medio de las labores mecanizadas, la mecanización del suelo debe ser moderada, evitando la pérdida de algunas propiedades físicas del suelo tales como la estructura de manera que la mecanización del suelo para condiciones de renovaciones evitar el paso de arado profundo siendo adecuado el rastreo y surqueo. Los suelos muestran una baja fertilidad por lo que es necesaria la adición de fertilizantes ricos de nitrógeno, fósforo y principalmente en potasio en cantidades equivalentes a los requerimientos del cultivo según el rendimiento esperado de caña industrial (ver cuadro 40) aplicados en forma de bandas sobre la superficie cercana al surco o ligeramente enterrado.

Las necesidades de riego de acuerdo a la capacidad de retención de la humedad, condiciones climáticas y requerimientos del cultivo, son de una lámina bruta de riego a un 75 % de eficiencia de aplicación del equipo de riego por aspersion disponible, descrito en la sección 7.3.1.6. de 15.16 cm (lámina neta de riego de 11.37 cm) aplicados en un tiempo de riego de 3 horas con 40 minutos para un riego de germinación en el caso de renovaciones bajo condiciones humedad del suelo cercana al punto de marchitez permanente y en el riego de levantado de caña soca. Así mismo, una frecuencia de riego de 18 días para una lámina de aplicación de 9.85 cm (a un 65 % de déficit de manejo permitido de la humedad rápidamente aprovechable del suelo) para un tiempo de aplicación del riego de 2 horas con 30 minutos.

## Terrazas Antiguas del río Naranjo de la Planicie Baja de Palo Pinta(P-10).

### Descripción del Pedón P-10

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'15" Latitud Norte y 90°44'07" Longitud Oeste, 300 m al sur del amate ( <i>Ficus sp</i> ) de la colmena, ubicada en el bosque entre la Sub-unidades productivas de Palo Pinta y Río Plata. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Fecha:                    | 29-5-96   |
| Posición:                 | Cabecera de inundación de Palo Pinta y Río Plata.   |
| Elevación:                | 24 msnm   |
| Pendiente:                | 1 % al Sur.   |
| Vegetación o cultivo:     | Café de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial muy lento, drenaje interno moderadamente rápido.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.  |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguos de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.   |
| Eipedón:                  | Mólico.   |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.   |
| Endopedón:                | Cámbico de alteración   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbolls francosa fina.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-10

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0-18        | Gris oscuro (10YR 4/1) en seco, negro (10YR 2/1) en húmedo, textura franca con alto contenido de la fracción fina (limos y arcillas), estructura laminar media, consistencia en húmedo friable en húmedo, muy plástico y adherente en mojado.  |
| A1        | 18-42       | Gris (10YR 5/1) en seco y gris oscuro en húmedo (10YR 3/2), subhorizonte eluvial (horizonte Albico) que denota una degradación del color negro característico del suelo superficial, Textura franca con alto contenido de la fracción fina, consistencia en húmedo friable y moderadamente plástico, poco adherente en mojado.   |
| Bwq       | a más de 42 | Gris parduzco claro en seco (10YR 6/2) y pardo grisáceo oscuro en húmedo 10YR 4/2, textura franca arenosa (franco limoso al tacto por la sensación jabonosa, horizonte Argílico) presenta una estructura granular esquelética dada por la presencia de concreciones solubles en agua, fuertemente resistentes a la desintegración por presión entre los dedos pulgar e índice, consistencia en mojado poco adherente y no plástico. El perfil fue excavado hasta los 70 cm y se interceptó el nivel freático a los 65 cm de profundidad Longitud de prolongación del horizonte Bw. |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-10

Cuadro 20. Análisis Físico del Pedón P-10 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Baja de Palo Pinta.

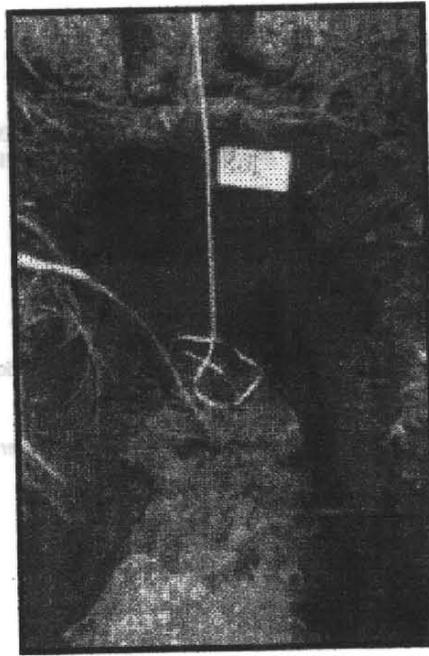
| PROF. | Hte  | GRANULOMETRIA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL   | RETENCION DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|------|-----------------------------|-------|--------|---------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |      | Arcilla                     | Limos | Árenas |                     | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| ApA1  | 0-42 | 23.36                       | 33.56 | 42.58  | Franco              | 39.90                | 21.21    | 2.222                             | 1.111    | 50                     |
| Bwq   | > 42 | 15.31                       | 27.18 | 57.51  | Franco<br>arcilloso | 47.66                | 11.13    | 2.4242                            | 1.1429   | 52.85                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

Cuadro 21. Análisis Químico del Pedón P-10 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Baja de Palo Pinta.

| PROF<br>(cm) | Hte  | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|------|---------|-----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |      |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | NaF | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| ApA1         | 0-42 | 2.40    | 18.75                             | 1.33 | 13.49 | 0.83 | 56.88          | 60.41 | 7.04 | 9.1 | 3.97                              | 1.62 | 0.00 | 2.15 | 38.29 | 1.32 |
| Bwq          | > 42 | 0.33    | 12.97                             | 1.23 | 13.90 | 0.91 | 46.80          | 63.38 | 8.36 | 9.5 | 4.10                              | 1.51 | 0.72 | 3.46 | 10.73 | 2.31 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de Intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en naftalina.



**Figura 12.** Perfil del Pedón P-10 de las terrazas antiguas del río Naranjo de la Planicie Baja de Palo Pinto. Suelos Typic Argialbolls francosa fina. Muestra una Secuencia normal de horizontes Ap, B y C. Obsérvese el pronunciamiento del nivel freático a escasos 65 cm de la superficie.

Esta unidad de mapeo constituye 45.87 ha, son suelos de topografía plana con una pendiente menor del 1% dirección Sudeste, presenta un horizonte mólico que se sobrepone a un horizonte Cámbico de Alteración. El perfil se encuentra formado por una secuencia de los horizontes A, Bwcq y C. El horizonte A formado por los subhorizontes Ap y A1, en donde el Ap alterado por las labores de cultivo, con un espesor que va de los 0 a 18 cm del suelo superficial, gris oscuro, textura franca con alto contenido de materiales limosos y arcillosos dentro de la fracción de tierra fina (más del 58 %), estructura granular fina moderadamente desarrollada, consistencia muy friable en húmedo y moderadamente adherente y plástico en mojado. El horizonte A1 con un espesor de 25 cm, gris en seco, presenta un proceso ligero de eluviación de los materiales finos. El Horizonte Bwgc, gris parduzco claro, textura franca arenosa, presenta dentro su composición una pequeña acumulación de materiales iluviados así mismo se observan procesos de formación de materiales arcillolimosos in-situ y la presencia de concreciones de diámetro mayor a 4 mm, compuestos por materiales silicatados con matriz arenosa, muy resistentes a la pulverización por presión entre los dedos pulgar e índice, de textura franco limosa. El horizonte fue excavado hasta los 70 cm en donde se encontró el nivel freático (comienzo de la estación lluviosa mayo-junio).

El suelo muestra una permeabilidad moderadamente rápida y una velocidad de infiltración básica de 7.33 cm/hr. Los suelos se mantiene sobresaturados durante la época más lluviosa (agosto-septiembre) en donde el nivel freático del suelo se encuentra a una profundidad que varía de los 0.70 m a 1.25 m de la superficie del suelo y de 1.75 a 2 m de la superficie durante la estación seca (registros de niveles freáticos

período febrero-marzo-abril , figuras 25-28: planos de Isobatas e isohipsas).

De los análisis físico-químicos de los horizontes del pedón (cuadros 20,21), El horizonte superficial (ApA<sub>1</sub>) presenta bajo contenido de materia orgánica, reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico (mayor de 55 %), altamente saturado (más del 60% saturación de bases) por bases cambiables principalmente por una alta saturación de calcio (30 % saturación) y ligeramente alta saturación de magnesio (23 % saturación), éstos suelos mantienen un nivel de saturación adecuado de Sodio en la fase intercambiable del suelo. En el horizonte B, la reacción del suelo es fuertemente alcalina, mostrando una alta capacidad de intercambio catiónico principalmente por la alta concentración de calcio y magnesio (más de 50 % de calcio, así mismo muestran una adecuada concentración de sodio en la reserva intercambiable del suelo, mientras que el potasio se presenta en niveles muy bajos. La fertilidad de los suelos es baja, presentando en éste horizonte una baja concentración de fósforo y potasio disponible en la solución del suelo, de igual manera se encuentran los niveles de cobre y hierro, sin embargo el manganeso y el zinc son adecuados.

Agrológicamente, según su capacidad productiva, éstos suelos corresponden a la Clase "III" (USDA) y según su capacidad de fertilidad corresponden la clasificación "LLkgb", cuyas limitantes de uso constituyen excesos de humedad que ocurren durante la época lluviosa que afectan las labores de cultivo en cuanto a período de realización; principalmente las labores mecanizadas. Presentan baja fertilidad caracterizada por muy bajo contenido de potasio tanto en la reserva como en la solución del suelo, la reacción fuertemente alcalina del horizonte subsuperficial restringe la disponibilidad de nutrientes esencialmente de fósforo, hierro y manganeso.

En lo que al cultivo de caña de azúcar refiere, no se presentan dificultades en cuanto a su desarrollo por las restricciones referidas del suelo, debido a que el mayor desarrollo radicular del cultivo se presenta en el horizonte superficial del suelo (0-30 cm). Dentro del manejo recomendable del cultivo bajo las condiciones predominantes, se establece el manejo adecuado de los restos de cosecha mediante la incorporación de los restos de cosecha del cultivo como medida de mantenimiento y mejora de propiedades físicas y químicas del suelo a través de la acumulación de restos de cosecha a cada 5 surcos de cultivo y confinamiento de los mismos para su posterior meteorización e incorporación al suelo a través de las labores de cultivo.

De acuerdo a las características físicas de los suelos, las labores mecanizadas de rastreos cruzados, en el proceso de preparación de los suelos para la renovaciones del cultivo, permiten una pulverización de los agregados del suelo haciéndolos susceptibles a los procesos erosión eólica.

Debido a la baja disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo para los cultivos, en este caso, el cultivo de caña de azúcar, se requiere de la aplicación de fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y esencialmente de potasio bajo dosis equivalentes a los requerimientos del cultivo con base a los niveles de producción de caña industrial esperados (ver cuadro 40).

De acuerdo a las condiciones climáticas y características del suelo se hace necesario el uso de riego, siendo el más adecuado el riego por aspersión y su uso durante las renovaciones del cultivo y aun durante el levantado de caña soca, requiriéndose la aplicación de una lámina de humedad neta cuando las condiciones de humedad en el suelo son cercanas al punto de marchitez permanente de 12.05 cm y una lámina bruta de 16 cm (con base a un 75% de eficiencia de aplicación del sistema de riego diseñado) para un tiempo de aplicación de 4 horas y una frecuencia de riego de 17 días con la aplicación de una lámina de 12.05 cm (lámina neta = 7.83 cm) con base a un 65 % de déficit de manejo permitido en el abatimiento de la humedad rápidamente aprovechable del suelo para un tiempo de riego de 3 horas.

## - Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Palo Pinta (P-11).

### Descripción del Pedón p-11

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°00'15" Latitud Norte y 90°45'07" Longitud Oeste, 50 m al Este del amate ( <i>Ficus sp</i> ) de la colmena, ubicada en el bosque entre las sub-unidades productivas de Palo Pinta y Río Plata. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 28-5-96  |
| Posición:                 | Planicie media de Palo Pinta.  |
| Elevación:                | 26.5 msnm  |
| Pendiente:                | 1 % al Sur.  |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Superficialmente presenta un drenaje muy lento e interno drenaje moderadamente lento.  |
| Régimen de humedad:       | Udico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertrmico.  |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.  |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.  |
| Epipedón :                | Mólico.  |
| Endopedón:                | Albico, Cámbico de Alteración.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbolls francosa fina.   |

### Descripción del Perfil del Pedón P-11

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción  |
|-----------|-------------|--|
| Ap        | 0-25        | Gris oscuro (10YR 4/1) en seco, pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, textura franca (franca limosa al tacto) con alto contenido de la fracción fina (limos y arcillas), estructura laminar débil muy superficialmente y granular muy fina a suelta, consistencia friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente adherente, en este horizonte se observa de un 90 a 95 % de desarrollo radicular del cultivo, presentó una muy ligera reacción positiva a la prueba de campo de carbonatos con HCl 0.1 N.   |
| A1        | 25-80       | Pardo grisáceo (10YR 5/1) en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), subhorizonte aluvial de apariencia álbico que denota una degradación del color pardo muy oscuro característico del suelo superficial, textura franca arenosa, de estructura suelta, no plástica y no adherente en mojado. Ligera reacción al HCl 0.1 N, muestra una gradiente de pérdida de materiales finos del suelo en forma descendente al igual que la degradación del color. Existe una baja presencia del sistema radicular del cultivo.                        |
| Bwct      | a más de 80 | Gris en seco (10YR 6/1) y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), textura franca limosa (sensación jabonosa al tacto) con formación de concreciones solubles en agua, fuertemente resistentes a la desintegración por presión entre los dedos pulgar e índice, consistencia en mojado poco adherente y no plástico, reacción positiva ligera a la prueba de campo para determinación de carbonatos (HCl 0.1 N). No se determinó el límite inferior del horizonte hasta los 104 cm de excavado profundidad a la cual se encontró el nivel freático. |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-11

Cuadro 22. Análisis Físico del Pedón P-11 de las Terraza Antiguas del río Naranjo de la Planicie Media de Palo Pinta.

| PROF  | Hte  | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |      | Arcillas                    | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-25  | Ap   | 22.00                       | 29.65 | 48.35  | Franco            | 36.59                | 22.99    | 2.222                             | 1.1429   | 48.56                  |
| 25-80 | A1   | 11.03                       | 31.55 | 57.41  | F.<br>arenoso     | 29.24                | 14.85    | 2.3529                            | 1.1769   | 49.98                  |
| > 80  | Bwct | 20.31                       | 37.06 | 42.63  | Franco<br>limoso  | 44.16                | 27.22    | 21.632                            | 1.0258   | 52.56                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 23. Análisis Químico del Pedón P-11 de las Terraza Antiguas del río Naranjo de la Planicie Media de Palo Pinta.**

| PROF<br>(cm) | Hte   | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>mol/Kg. | % SB  | pH   |      | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|--------------|-------|---------|-----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|              |       |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | NaF  | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-25         | Ap    | 2.58    | 22.95                             | 1.88 | 12.82 | 0.78 | 51.48          | 73.11 | 6.87 | 8.00 | 2.77                              | 1.90 | 0.00 | 0.00 | 12.23 | 1.64 |
| 25-80        | A1    | 1.11    | 18.71                             | 1.62 | 14.88 | 1.26 | 46.06          | 78.12 | 8.21 | 9.7  | 1.83                              | 1.94 | 0.00 | 0.60 | 16.87 | 1.32 |
| > 80         | Bwt.c | 0.71    | 13.72                             | 0.17 | 12.34 | 0.78 | 65.52          | 41.23 | 7.72 | 9.1  | 0.40                              | 1.56 | 0.63 | 0.00 | 11.92 | 1.48 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en naftalina.



**Figura 13. Perfil del Pedón P-11 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la planicie media de Palo Pinta. Suelos Typic Argialbols francosa fina, compuestos por una secuencia de horizontes Mólico, Albico y Argílico. Obsérvese el nivel freático a una profundidad de 1.25 m de la superficie.**

Esta unidad de mapeo se encuentra al oeste del bosque La Colmena, en la subunidad productiva Palo Pinta, ocupa un área de 23.64 ha, constituye parte distal de las terrazas antiguas del río Naranjo (P-04) en la subunidad productiva de Amazonas. Limitados circunstancialmente por el ascenso del nivel freático durante la estación húmeda, relieve plano, con una pendiente menor del 1 %, dirección Sur. Mantiene un régimen de humedad údico.

El perfil presenta una secuencia normal de horizontes (A, B, C), El horizonte A se encuentra compuesto por los subhorizontes Ap y A1, donde Ap está disturbado por efecto de labores agrícolas, de un espesor de 25 cm, gris oscuro en seco, textura franco limosa con estructura laminar muy débil en la superficie y granular fina de grado débil bajo la capa de suelos que presenta la estructura laminar, altamente susceptible a la pulverización por procesos mecánicos, consistencia ligeramente adherente y plástico, se observa un 90 % de

desarrollo radicular del cultivo de caña de azúcar en esta zona, El horizonte A1 (Albico), de eluviado, color pardo grisáceo, textura franco arenosa, estructura suelta alrededor de unos 55 cm de espesor. El horizonte Bwt, cámbico de alteración que además contiene arcillas y limos iluviados, color gris, textura franca (más del 55 % de la fracción fina) con presencia nula de raíces.

El perfil muestra un drenaje interno moderadamente lento con una velocidad de infiltración básica de 0.51 cm/hr en sustrato saturado el cual se alcanza a las 4 horas después de tener en contacto el suelo a una columna constante de agua, cuyo comportamiento se expresa por el modelo Kostiakov-Lewis  $I = 22.68 t^{-0.6377}$ , el peligro de inundación de los suelos es bajo debido al drenaje superficial moderadamente rápido del suelo, el nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.25-1.50 m durante la estación lluviosa (agosto-septiembre) el cual varía hasta una profundidad de 1.75 -1.50 m durante la estación seca (marzo-abril), periodo en el cual el suelo se encuentra extremadamente seco en la superficie.

De los análisis físico-químicos de los horizontes del perfil (cuadros 22 y 23), el horizonte Ap muestra una cantidad de materia orgánica ligeramente baja en su composición, cuyo contenido decrece a medida que se profundiza en el horizonte y dentro del perfil, químicamente, el horizonte Ap presenta una reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico y alta saturación de bases (> de 70 %) principalmente por una muy alta saturación de calcio (más 45 %), niveles adecuados de magnesio y sodio. En el análisis de nutrientes disponible en la solución del suelo, el potasio al igual que en la concentración de cationes intercambiables de la reserva del suelo, se encuentra deficiente, así mismo el fósforo se encuentra en niveles muy bajos de disponibilidad y de acuerdo al reporte de laboratorio en cuanto a la disponibilidad de los elementos menores, el cobre y el hierro no se encontraron en forma disponible..

En los horizontes subsuperficiales (A<sub>1</sub> y Bw), la reacción del suelo es fuertemente alcalina, con muy alta capacidad de intercambio catiónico, ligeramente alta concentración de cationes de calcio y magnesio y sodio adecuado, mientras que el potasio se encuentra en niveles deficientes.

La disponibilidad de fósforo y potasio en la solución el suelo es muy baja, así mismo el cobre y el hierro no se encuentra disponible en este horizonte (A<sub>1</sub>), mientras el manganeso y el zinc si se encuentra en niveles adecuados.

Agrológicamente éstos suelos pertenecen a la clase "Ils" (USDA) y según su capacidad de fertilidad a "LSdkb" limitados por: una estructura poco y débilmente desarrollada; susceptible a la pulverización por procesos mecánicos, bajo contenido de materia orgánica, baja fertilidad del suelo determinada por la baja disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo. Son suelos que requieren de prácticas intensivas de manejo de la materia orgánica, prácticas moderadas de mecanización del suelo, manejo de fertilizantes con fuentes ricas en nitrógeno, fósforo y esencialmente en potasio que es el nutrimento más escaso.

En cuanto al cultivo de la caña de azúcar, no se presentan mayores restricciones, siendo considerable la labranza mínima de los suelos evitando mezclar el suelo subsuperficial con el suelo formado de la superficie, considerando adecuado el paso de rastra pesada en el proceso de preparación de suelos y el

surqueo simple sin aplicación de fertilizantes fosforados, en cuanto a las labores de fertilización, el periodo adecuado será cuando el cultivo haya desarrollado un sistema radicular funcional en el caso de renovaciones de la plantación, el método de aplicación debe ser en bandas aplicadas a pie del cultivo en forma mecanizada o manual; cuando las condiciones de humedad en el suelo se encuentran a capacidad de campo, la dosis a manejar está en función de los requerimientos del cultivo de acuerdo a los niveles de producción de caña Industrial esperados (ver cuadro 40).

El relieve se presenta plano, apto para riego durante la estación seca, siendo el más adecuado el sistema de riego por aspersión. De acuerdo a las características de los suelos los requerimientos de riego para el cultivo de caña de azúcar se establece una lámina inicial de humedad neta de 7.33 cm, para una lámina bruta de humedad de 10.44 cm (75 % eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión disponible según la descripción de la sección 7.3.1.6.), en un tiempo de aplicación de 2 horas con 30 minutos esto bajo condiciones de humedad del suelo cercano al punto de marchitez permanente durante los procesos de renovación de plantaciones o levantado de caña soca, y una frecuencia de riego de 11 días para una lámina bruta de aplicación de 6.77 cm, para un tiempo de aplicación de 1 hora con 40 minutos, de acuerdo a un déficit de manejo permitido del 65 % de abatimiento de la humedad rápidamente aprovechable del suelo.

## - Terrazas Antiguas de la Planicie Media de Iguazú (P-12).

### Descripción del Pedón P-12

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'36" Latitud Norte y 90°46'35" Longitud Oeste, 70 m al noreste de la guardiana de Iguazú. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 27-5-96  |
| Posición:                 | Planicie baja de Iguazú.   |
| Elevación:                | 26.5 msnm  |
| Pendiente:                | menor de 1 % al Sudeste hacia el zanjón.   |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial muy lento, drenaje interno moderadamente rápido.                                       |
| Régimen de humedad:       | Udico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.   |
| Materia original:         | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.                  |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.  |
| Epipedón:                 | Mólico   |
| Endopedón:                | Argílico, Cámbico de Alteración.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbolls francoesa gruesa.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-12

| Horizonte         | Prof. (cm) | Descripción   |
|-------------------|------------|---|
| Ap                | 0-35       | Pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en seco, pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, textura franca, estructura del suelo seco suelta y consistencia suelta y dispersa, sistema radicular del cultivo desarrollado en este horizonte y se desarrolla en forma paralela a la superficie del suelo.   |
| A <sub>1</sub>    | 35-70      | Pardo grisáceo muy oscuro en seco (10YR 3/2) en y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), textura franca, con un 50% de arena en la fracción de tierra fina, consiste en un horizonte claro que ha perdido algunos materiales finos por procesos de eluviación, consistencia muy friable en húmedo, estructura granular muy fina de grado débil, no se observó desarrollo radicular en éste estrato. |
| B <sub>1</sub>    | 70-95      | Pardo grisáceo en seco (10YR 5/2) y gris muy oscuro en húmedo (10YR 3/1), textura franca arenoso, consistencia suelta en seco, suelta en mojado, no adherente y no plástico, estructura de grano suelto.  |
| B <sub>2wtc</sub> | 95-125     | Gris en seco (10YR 6/1) y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), textura franco arenosa con presencia de nódulos resistentes y soluble en agua, con poros entre los nódulos, consistencia en húmedo muy firme y en mojado poco adherente y plástico.   |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-12

Cuadro 24. Análisis Físico de los horizontes del Pedón P-12 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Iguazú.

| PROF.  | Hte               | GRANULOMETRIA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCION DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|--------|-------------------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|        |                   | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-35   | Ap                | 8.78                        | 39.74 | 51.47  | Franco            | 31.49                | 16.11    | 2.4242                            | 1.2903   | 46.77                  |
| 35-70  | A <sub>1</sub>    | 21.31                       | 28.72 | 49.98  | Franco            | 36.42                | 19.19    | 2.2222                            | 1.7850   | 46.96                  |
| 70-95  | B <sub>1</sub>    | 10.63                       | 22.07 | 67.30  | Franco<br>arenoso | 29.24                | 14.85    | 2.3529                            | 1.1765   | 49.99                  |
| 95-125 | B <sub>2wtc</sub> | 8.46                        | 30.06 | 61.48  | Franco<br>Arenoso | 29.00                | 15.88    | 2.5000                            | 1.3793   | 44.83                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (Presión negativa).

**Cuadro 25. Análisis Químico de los horizontes del Pedón P-12 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Iguazú.**

| PROP.<br>(cm) | Hte                | MO<br>% | BASES INTFCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg. | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|---------------|--------------------|---------|----------------------------------|------|-------|------|-----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|               |                    |         | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                 |       | Agua | Naf | P                                 | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-35          | Ap                 | 2.13    | 15.72                            | 2.21 | 3.95  | 0.35 | 34.56           | 64.29 | 7.15 | 9.2 | 4.10                              | 4.11 | 0.00 | 6.96  | 25.28 | 2.96 |
| 35-70         | A <sub>1</sub>     | 2.25    | 23.70                            | 1.23 | 11.51 | 0.83 | 56.88           | 65.83 | 8.18 | 9.4 | 4.14                              | 1.45 | 0.00 | 1.68  | 37.48 | 1.28 |
| 70-95         | B <sub>1</sub>     | 0.52    | 18.71                            | 1.62 | 14.88 | 1.26 | 46.08           | 78.12 | 8.79 | 9.7 | 2.96                              | 0.74 | 0.40 | 8.51  | 13.11 | 2.72 |
| 95-125        | B <sub>2wt.c</sub> | 0.12    | 5.24                             | 0.44 | 7.52  | 1.22 | 16.58           | 87.06 | 8.78 | 9.3 | 4.47                              | 0.84 | 2.48 | 23.08 | 7.12  | 2.48 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimos del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en

66

**Cuadro 25. Análisis Químico de los horizontes del Pedón P-12 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Iguazú.**

| PROP.<br>(cm) | Hte                | MO<br>% | BASES INTFCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg. | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|---------------|--------------------|---------|----------------------------------|------|-------|------|-----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|               |                    |         | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                 |       | Agua | Naf | P                                 | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-35          | Ap                 | 2.13    | 15.72                            | 2.21 | 3.95  | 0.35 | 34.56           | 64.29 | 7.15 | 9.2 | 4.10                              | 4.11 | 0.00 | 6.96  | 25.28 | 2.96 |
| 35-70         | A <sub>1</sub>     | 2.25    | 23.70                            | 1.23 | 11.51 | 0.83 | 56.88           | 65.83 | 8.18 | 9.4 | 4.14                              | 1.45 | 0.00 | 1.68  | 37.48 | 1.28 |
| 70-95         | B <sub>1</sub>     | 0.52    | 18.71                            | 1.62 | 14.88 | 1.26 | 46.08           | 78.12 | 8.79 | 9.7 | 2.96                              | 0.74 | 0.40 | 8.51  | 13.11 | 2.72 |
| 95-125        | B <sub>2wt.c</sub> | 0.12    | 5.24                             | 0.44 | 7.52  | 1.22 | 16.58           | 87.06 | 8.78 | 9.3 | 4.47                              | 0.84 | 2.48 | 23.08 | 7.12  | 2.48 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimos del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en

66

**Cuadro 25. Análisis Químico de los horizontes del Pedón P-12 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Iguazú.**

| PROP.<br>(cm) | Hte                | MO<br>% | BASES INTFCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg. | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|---------------|--------------------|---------|----------------------------------|------|-------|------|-----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|               |                    |         | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                 |       | Agua | Naf | P                                 | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-35          | Ap                 | 2.13    | 15.72                            | 2.21 | 3.95  | 0.35 | 34.56           | 64.29 | 7.15 | 9.2 | 4.10                              | 4.11 | 0.00 | 6.96  | 25.28 | 2.96 |
| 35-70         | A <sub>1</sub>     | 2.25    | 23.70                            | 1.23 | 11.51 | 0.83 | 56.88           | 65.83 | 8.18 | 9.4 | 4.14                              | 1.45 | 0.00 | 1.68  | 37.48 | 1.28 |
| 70-95         | B <sub>1</sub>     | 0.52    | 18.71                            | 1.62 | 14.88 | 1.26 | 46.08           | 78.12 | 8.79 | 9.7 | 2.96                              | 0.74 | 0.40 | 8.51  | 13.11 | 2.72 |
| 95-125        | B <sub>2wt.c</sub> | 0.12    | 5.24                             | 0.44 | 7.52  | 1.22 | 16.58           | 87.06 | 8.78 | 9.3 | 4.47                              | 0.84 | 2.48 | 23.08 | 7.12  | 2.48 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimos del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en

66

**Cuadro 25. Análisis Químico de los horizontes del Pedón P-12 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Media de Iguazú.**

| PROP.<br>(cm) | Hte            | MO<br>% | BASES INTFCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg. | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg. |      |      |      |       |      |
|---------------|----------------|---------|----------------------------------|------|-------|------|-----------------|-------|------|-----|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|
|               |                |         | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                 |       | Agua | Naf | P                                 | K    | Cu   | Fe   | Mn    | Zn   |
| 0-35          | Ap             | 2.13    | 15.72                            | 2.21 | 3.95  | 0.35 | 34.56           | 64.29 | 7.15 | 9.2 | 4.10                              | 4.11 | 0.00 | 6.96 | 25.28 | 2.96 |
| 35-70         | A <sub>1</sub> | 2.25    | 23.70                            | 1.23 | 11.51 | 0.83 | 56.88           | 65.83 | 8.18 | 9.4 | 4.14                              | 1.45 | 0.00 | 1.68 | 37.48 | 1.28 |

agua en la superficie del terreno, de acuerdo al estudio de niveles freáticos, la variación de este durante el período más húmedo de la estación lluviosa (septiembre-agosto) es de 1.30 -1.50 m de la superficie y de 1.75-2.00 m durante marzo-abril (ver figuras 25-28 . Planos de isobatas e isohipsas).

El perfil muestra un epipedón mólico y endopedón albico y argílico con una secuencia normal de horizontes compuestos por A, B y C. En donde el horizonte A se encuentra formado por los subhorizontes  $A_p$  y  $A_1$ , siendo el  $A_p$  un horizonte disturbado por las labores del cultivo de un espesor de 35 cm, textura franca, pardo grisáceo oscuro en seco, consistencia suelta en húmedo, sistema radicular desarrollado en éste subhorizonte. El subhorizonte  $A_1$ ; pardo grisáceo muy oscuro en seco, textura franca, consistencia muy friable en húmedo, estructura granular muy fina de grado débil en el que el sistema radicular del cultivo de caña de azúcar no se encuentra desarrollado, ambos  $A_p$  y  $A_1$ ; presentan en su composición de tierra fina más del 50 % de arenas. El horizonte B se encuentra formado por los subhorizontes  $B_1$  y  $B_2$ , de color gris a pardo grisáceo textura franco arenosa el  $B_1$  presenta una consistencia suelta cuando seco, no adherente y no plástico en mojado, estructura de grano suelto, mientras que  $B_2$ twc; muestra en su límite inferior nódulos firmes en húmedo, muy resistentes a la disgregación por presión entre los dedos pulgar e índice y solubles en agua, dentro de la fracción de tierra fina se observa un alto contenido de materiales limosos. El horizonte C se encuentra formado por materiales arenosos compuesto por arenas y cenizas volcánicas de color gris oscuro a negro.

Del análisis físico-químico de los horizontes del perfil (cuadros 24 y 25), el contenido de materia orgánica en la superficie se presenta en niveles muy bajos (menor del 2.5 %) el cual se observa en menor cantidad en los horizontes inferiores.

La reacción química del suelo en el horizonte superficial es neutra, presentando una alta capacidad de intercambio catiónico y una alta saturación de bases, principalmente por calcio (mayor de un 45 % de saturación), adecuada concentración de sodio y una baja concentración de magnesio y potasio.

En los horizontes subsiguientes la reacción del suelo varía de fuertemente alcalina hasta extremadamente alcalina (pH 8.9 en agua, relación 1:1 en el horizonte  $B_2$ ).

La capacidad de intercambio catiónico en los horizontes  $A_1$  y  $B_1$  es superior al 45 %, con alta saturación de bases principalmente de calcio, concentraciones adecuadas de magnesio y sodio, sin embargo, la concentración de potasio es baja. La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo de la superficie a 1 m de profundidad es baja según los límites críticos de evaluación de la fertilidad de los mismos, sin embargo los niveles de manganeso y zinc se encuentran en concentraciones de disponibilidad adecuadas.

El horizonte  $B_2$ , presenta una capacidad de intercambio muy alta y una muy alta saturación de bases (mayor del 85 %) en donde las concentraciones de calcio, magnesio y sodio se encuentran en niveles adecuados mientras que el potasio tal como se presenta en los horizontes superiores es bajo. La disponibilidad de fósforo y potasio, es baja, los micronutrientes (cobre, hierro, manganeso y zinc) se encuentran en niveles de concentración adecuados. A lo largo del perfil estudiado se observa una concentración decreciente del

manganeso disponible y en forma creciente la concentración de hierro disponible.

Agrológicamente mediante la metodología de clasificación de los suelos con base a su potencial productivo éstos corresponden a la clase "llw" y de acuerdo a la capacidad de fertilidad de los suelos estos se clasifican en "LLgkb", éstos suelos son aptos para la mayoría de cultivos adaptados a las condiciones climáticas preponderantes, limitados por el bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad, deficientes en concentraciones de fósforo, cobre, hierro pero principalmente deficientes en potasio (tanto en el complejo cambiante como en la solución del suelo) y limitados por la sobresaturación temporal del suelo formando superficies inundadas que dificultan la realización de actividades mecanizadas durante el tiempo que permanecen sobresaturadas. Son suelos regables durante la estación seca siendo el sistema que más se adecua a éstas condiciones el sistema de riego por aspersión. En lo que al cultivo de caña de azúcar refiere, no se presentan condiciones severas que limiten el desarrollo del cultivo, sin embargo como en cualquier otro cultivo el manejo debe estar encaminado a la conservación y mejora de los niveles actuales de materia orgánica al suelo mediante la incorporación de los restos de cosecha así mismo se requiere el manejo de fuertes cantidades de fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y principalmente en potasio en dosis equivalentes a los requerimientos del cultivo de acuerdo a los niveles esperados de producción de caña industrial (ver cuadro 40).

La mecanización de éstos suelos no presenta dificultades en cuanto a la profundidad de las labores, excepto bajo condiciones de saturación en donde la eficiencia de las labores es baja y el peligro de afectar las características físicas de los suelos es alta, principalmente porque el suelo manifiesta una estructura muy débil siendo necesario implementar un sistema de labranza mínima para evitar su deterioro.

En cuanto al manejo del agua de riego en el cultivo de caña de azúcar, durante las actividades de renovaciones para proveer la humedad adecuada de germinación así como en el levantado de caña soca, los requerimientos de humedad cuando el suelo se encuentra cerca al punto de marchitez permanente es de una lámina neta de 11.42 cm y una lámina bruta de 15.23 cm (a un 75 % eficiencia de aplicación del equipo de aspersión disponible) para un tiempo de riego de 3 horas y 45 minutos con una frecuencia de riego de 16 días y una lámina de riego equivalente 9.98 cm (con base a un 65 % de déficit de manejo permitido del cultivo y eficiencia de aplicación del 75% del equipo) para un tiempo de riego de 2 horas con 30 min.

## -Terrazas Antiguas del río Naranjo en la Planicie Baja de Iguazú y Palo Pinta (P-13).

### Descripción del Pedón P-13

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°12' Latitud Norte y 90°46'22" Longitud Oeste, 150 m al noreste de la poceta de Iguazú. |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Fecha:                    | 24-5-96   |
| Posición:                 | Planicie baja de Iguazú.  |
| Elevación:                | 26.5 msnm   |
| Pendiente:                | Menor de < 1 % al Sur.  |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.   |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Drenaje superficial muy lento y drenaje interno moderadamente rápido.                                 |
| Régimen de humedad:       | Udico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.  |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.             |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.   |
| Epipedón:                 | Mólico.   |
| Endopedón:                | Albico y Cámbico de Alteración.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Argialbols francosa gruesa.   |

### Descripción del Perfil P-13

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0-40        | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco, pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, textura arenosa, estructura del suelo seca suelta y suelta en húmedo y ligera formación de una estructura granular fina de grado muy débil, consistencia suelta en mojado, alto desarrollo radicular el cual se distribuye en forma paralela a la superficie del terreno en este horizonte sin profundizar en el mismo, bajo contenido de materia orgánica.  |
| Bwcl      | 40-80       | Color rojo pálido claro en seco (2.5YR 6/2) en y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), subhorizonte iluvial de apariencia, con formación de concreciones ligeramente resistentes que provocan golpe de pala al ser perforado, resistentes y firmes a la desintegración por presión entre los dedos pulgar e índice, ligeramente solubles en agua, textura limosa al tacto, consistencia ligeramente adherente y poco plástico en mojado. No se observa desarrollo radicular en este horizonte. |
| C         | a más de 80 | Compuesto por arenas gruesas de vidrios volcánicos, y cenizas que le dan al horizonte una tonalidad oscura.   |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-13

**Cuadro 26. Análisis Físico de los Horizontes del Pedón P-13 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo de la Planicie Baja de Iguazú y Palo Pinta.**

| PROF  | Hte  | GRANULOMETRIA<br>Porcentaje |         |          | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCION DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|-------|------|-----------------------------|---------|----------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|       |      | % Arcilla                   | % Limos | % Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| 0-40  | Ap   | 6.60                        | 2.88    | 96.28    | Arena             | 44.75                | 14.54    | 2.2857                            | 1.1429   | 50                     |
| 40-80 | Bwcl | 17.35                       | 35.56   | 47.09    | Franco            | 57.77                | 14.45    | 2.4242                            | 1.0520   | 56.60                  |
| > 80  | C    | 7.70                        | 10.25   | 82.05    | Arena<br>Franca   | ---                  | ---      | ---                               | ---      | ---                    |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 27. Análisis Químico de los Horizontes del Pedón P-13 de las Terrazas Antiguas del río Naranjo de la Planicie Baja de Iguazú y Palo Pinta**

| PROF<br>(cm) | Hte  | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg. |      |       |      | CIC<br>mol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microg/kg. |      |      |       |       |      |
|--------------|------|---------|-----------------------------------|------|-------|------|---------------|-------|------|-----|----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|              |      |         | Ca                                | K    | Mg    | Na   |               |       | Agua | Naf | P                                | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-40         | Ap   | 2.15    | 13.72                             | 0.41 | 6.78  | 0.41 | 44.64         | 47.70 | 7.34 | 9.1 | 0.69                             | 6.55 | 0.00 | 0.40  | 19.44 | 1.68 |
| 40-80        | Bwcl | 0.20    | 12.23                             | 0.10 | 13.77 | 0.78 | 77.04         | 34.90 | 7.59 | 9.2 | 4.10                             | 4.11 | 0.00 | 6.95  | 25.28 | 2.96 |
| > 80         | C    | 0.10    | 4.08                              | 0.43 | 4.10  | 0.81 | 14.41         | 65.37 | 6.97 | --- | 7.67                             | 0.44 | 1.56 | 17.12 | 8.28  | 0.96 |

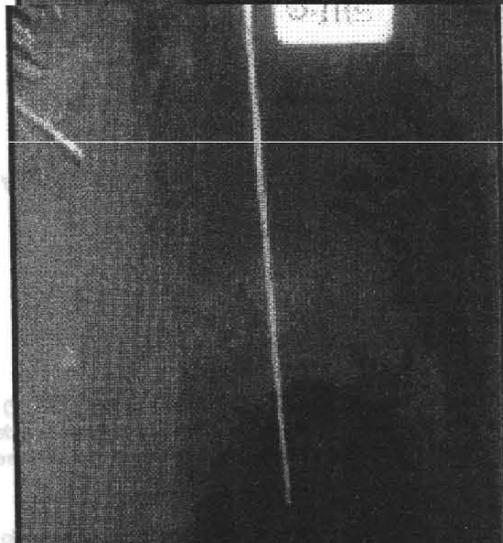
PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/Kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/Kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en resina.

-Tor axes Antigua del Río en la Bionia de Iguzú y Palo Pinta (P-13).



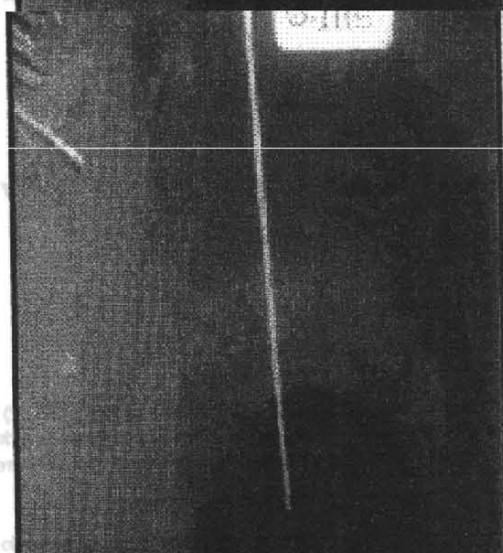
Descripción del Perfil P-13

El perfil P-13 muestra una gran cantidad de material orgánico y mineral, con una estructura muy heterogénea. Se observan fragmentos de huesos, dientes y otros restos de fauna, así como fragmentos de cerámica y otros artefactos. El material está muy fragmentado y se encuentra en un estado de conservación variable. La presencia de estos restos sugiere un sitio de ocupación humana antigua.



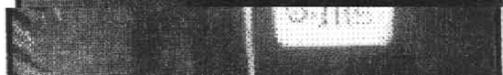
Descripción del Perfil P-13

El perfil P-13 muestra una gran cantidad de material orgánico y mineral, con una estructura muy heterogénea. Se observan fragmentos de huesos, dientes y otros restos de fauna, así como fragmentos de cerámica y otros artefactos. El material está muy fragmentado y se encuentra en un estado de conservación variable. La presencia de estos restos sugiere un sitio de ocupación humana antigua.



Descripción del Perfil P-13

El perfil P-13 muestra una gran cantidad de material orgánico y mineral, con una estructura muy heterogénea. Se observan fragmentos de huesos, dientes y otros restos de fauna, así como fragmentos de cerámica y otros artefactos. El material está muy fragmentado y se encuentra en un estado de conservación variable. La presencia de estos restos sugiere un sitio de ocupación humana antigua.



Descripción del Perfil P-13

El perfil P-13 muestra una gran cantidad de material orgánico y mineral, con una estructura muy heterogénea. Se observan fragmentos de huesos, dientes y otros restos de fauna, así como fragmentos de cerámica y otros artefactos. El material está muy fragmentado y se encuentra en un estado de conservación variable. La presencia de estos restos sugiere un sitio de ocupación humana antigua.

horizonte. El Horizonte Bwct, muestra un espesor de 40 cm, color rojizo pálido, textura franca, estructura granular, en cuyo límite inferior se presentan concreciones de diámetro de unos 5 mm, de consistencia muy firme y muy resistente a la desintegración por presión entre los dedos pulgar e índice, así mismo, esta capa presenta una resistencia alta al corte generando golpe de pala al momento de ser cortado, por coloración de las partículas del suelo características de este horizonte y la formación de nódulos se debe a la agregación de arcillas y limos aluviales del horizonte Ap así mismo procesos de oxi-reducción que dan lugar a la formación óxidos de Hierro y Manganeseo y formación de arcillas in-situ tal como lo muestran los reportes de laboratorio (cuadros 26 y 27).

El contenido de materia orgánica en el horizonte Ap es bajo (2.15 %) el cual decrece en forma significativa en los horizontes B y C.

La reacción del horizonte Ap es moderadamente alcalina, con alta capacidad de intercambio catiónico y alta saturación de bases, principalmente de calcio (mayor de 45 % de saturación del complejo cambiante), concentraciones de magnesio y sodio adecuado, mientras que el potasio en la reserva del suelo (cambiable) se encuentra en un nivel deficiente. El horizonte Bwct, contiene una muy baja concentración de materia orgánica, alta capacidad de intercambio catiónico y una saturación de bases adecuada (35 %), con adecuada concentración de calcio, magnesio y sodio, sin embargo, las concentraciones de potasio se encuentran en niveles deficientes afectando las relaciones de disponibilidad (Ca/K, Mg/K y (Ca + Mg)/K) y adsorción de éstos nutrientes en el suelo, así mismo, su absorción por las plantas. El horizonte C se encuentra formado por materiales aluviales originales compuesto por arenas y cenizas gruesas volcánicas transportados por suspensión desde tierras volcánicas y depositados en tierras bajas por procesos de sedimentación, presentan un bajo contenido de materia orgánica, reacción neutra, muy baja capacidad de intercambio catiónico no mayor del 15 cmol/kg de suelo, adecuada concentración de sodio en la fase cambiante y baja concentración de calcio, magnesio y esencialmente de potasio.

El suelo presenta una muy baja fertilidad, lo cual es evidente por los muy bajos niveles de disponibilidad de fósforo y potasio en la solución del suelo de igual manera se presentan los niveles de disponibilidad de cobre en los horizonte Ap y Bwct, y en niveles muy bajos de concentración se encuentra el hierro, mientras que el manganeso y el zinc se encuentran en niveles adecuados de concentración disponible en todo el perfil estudiado.

Agrológicamente, éstos suelos se clasifican en la clase "IltS" (USDA) y técnicamente según su capacidad de fertilidad a "SLkd" caracterizados por su bajo contenido de materia orgánica, horizonte superficial arenoso de baja capacidad de retención de humedad, estructura poco desarrollada, baja fertilidad potencialmente cultivables durante todo el año con cultivos adaptados a las condiciones agroecológicas preponderantes y sistema intensivo de uso mediante el manejo de fertilizaciones de acuerdo a los requerimientos del cultivo y la aplicación de riego, siendo el riego por aspersión el más adecuado. Se requiere del manejo adecuado de la humedad del suelo siendo necesario implementar un sistema de drenaje artificial

para evacuación de exceso de humedad durante la estación lluviosa, incrementar los niveles de materia orgánica a través de la incorporación de residuos de cosecha.

En lo que al cultivo de caña de azúcar refiere, no se presentan mayores limitantes para su desarrollo, sin embargo, el manejo del mismo requiere de la aplicación de fuertes cantidades de fertilizantes de acuerdo a los requerimientos del cultivo con base en los niveles de producción esperados por unidad de área cultivada (ver cuadro 40), la metodología de aplicación dependiendo de las condiciones de humedad junto a otras actividades mecanizadas (surqueo fertilización, escardado-fertilización) o bien en forma manual aplicadas en bandas a pie de cultivo.

En cuanto a la mecanización durante las renovaciones del cultivo, la actividad de arado de los suelos no es requerida, siendo adecuado el paso de rastra durante el proceso de destrucción de cepa de la plantación anterior seguido del surqueo y siembra.

La requema de los restos de cosecha, no es una actividad recomendable, debido a los procesos de calcinación a los que suelo se encuentra sometido perdiendo muchas de sus propiedades física, químicas y biológicas así como la pérdida del material orgánico producto de los residuos de cosecha incorporables al suelo. Se recomienda realizar el apilado de éstos de la manera convencional y su confinamiento sobre el surco para su descomposición e incorporación posterior, cambiando la posición de apilado al siguiente surco durante cada ciclo de cosecha del cultivo.

El requerimiento de riego es necesario durante riegos de germinación para los procesos de renovaciones del cultivo o para el levantado de caña soca durante la época seca, para lo cual se determinó la necesidad de una lámina bruta de riego 16.65 cm (lámina neta de 12.42 cm y una eficiencia de aplicación del sistema de riego en uso del 75 %, especificaciones del sistema de riego por aspersión disponible, descripción en la sección 7.3.1.6.) en un tiempo de aplicación de 4 horas y una frecuencia de riego de 17 días y aplicación de una lámina rápidamente aprovechable de 10.76 cm determinada a un 65 % de déficit de manejo permitido de la humedad rápidamente aprovechable del suelo, para un tiempo de riego de 2 horas con 40 minutos.

## A.1.4. Causas Antiguas de Inundación o Salidas de Madre del Río Naranjo

### - Causas Antiguas en Amazonas (P-14)

#### Descripción del Pedón P-14

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Ubicación:                | Se localiza en las coordenadas 14°04'28" Latitud Norte y 90°46'35" Longitud Oeste.   |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.  |
| Fecha:                    | 29-05-96.  |
| Posición:                 | Planicie aluvial subcreciente de Corrientes de inundación del río Naranjo.   |
| Elevación:                | 31 msnm  |
| Pendiente:                | 1 % dirección sudeste hacia el zanjón Las Malicias .   |
| Vegetación o cultivo:     | Caña de azúcar.  |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.   |
| Drenaje:                  | Bien drenado superficial e internamente.   |
| Régimen de humedad:       | Ustico.  |
| Régimen de temperatura:   | Isohipertérmico.   |
| Material original:        | Depósitos aluviales antiguos del Naranjo y depósitos recientes de sedimentos laháricos del río Naranjo por efecto de inundación. |
| Epipedón:                 | Ocrico.  |
| Clasificación taxonómica: | Typic Ustipsaments limosa gruesa sobre esqueleto arenosa.  |

#### Descripción del Perfil P-14

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| Ap        | 0-30        | Pardo grisáceo oscuro en seco (10YR 4/2), gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo, textura franco limosa a franco arenoso a medida que se acerca a las cubetas de deposiciones de materiales arenosos, no presenta una estructura bien desarrollada, consistencia en seco suelta, susceptible a la pérdida de partículas finas del suelo por erosión edáfica, consistencia en húmedo suelta. |
| AC        | 30-60       | Pardo oliváceo claro (2.5YR 5/4) en seco y gris muy oscuro en húmedo (10YR 3/1), textura franca arenosa, estructura suelta, no plástico y no adhesivo.  |
| C         | a más de 60 | Gris oscuro compuesto por materiales fragmentales con un diámetro de menor de 2.5 cm y posteriormente depósitos de arenas gruesas de color gris oscuro (magnetita) que se prolongó más de 1.20 m (profundidad de la calicata).  |

#### Análisis Físico-Químico del Pedón P-14

**Cuadro 28. Análisis Físico de los Horizontes del Pedón P-14 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Amazonas.**

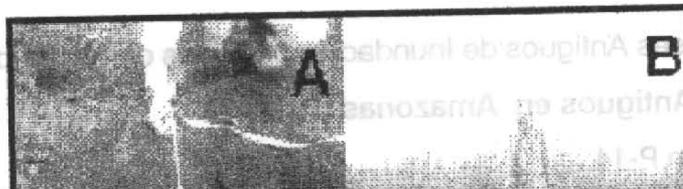
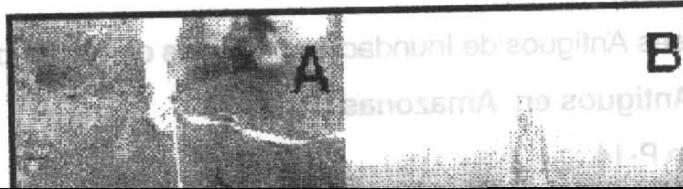
| PROF  | Hte | GRANULOMETRÍA |         |          | CLASE TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO POROSO % |
|-------|-----|---------------|---------|----------|----------------|----------------------|----------|--------------------------------|----------|------------------|
|       |     | % Arcilla     | % Limos | % Arenas |                | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                           | Aparente |                  |
| 0-30  | Ap  | 24.12         | 62.13   | 13.75    | franco limoso  | 54.61                | 36.14    | 2.1622                         | 1.0526   | 51.48            |
| 30-60 | AC  | 8.83          | 18.62   | 72.50    | Franco arenoso | 7.63                 | 4.74     | 2.35                           | 1.33     | 43.26            |
| > 60  | C   | ---           | ---     | ---      | arenas         | ---                  | ---      | ---                            | ---      | ---              |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 29. Análisis Químico de los Horizontes del Pedón P-14 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Amazonas.**

| PROF (cm) | Hte | MO % | BASES INTERCAMBIABLES Cmol/Kg. |      |      |      | CIC Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES: microgr/kg. |      |      |       |       |      |
|-----------|-----|------|--------------------------------|------|------|------|-------------|-------|------|-----|------------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|           |     |      | Ca                             | K    | Mg   | Na   |             |       | Agua | Naf | PD                                 | KD   | Cu   | Pb    | Mn    | Zn   |
| 0-30      | Ap  | 1.32 | 21.21                          | 1.52 | 8.59 | 1.39 | 70.56       | 48.36 | 7.68 | 9.3 | 0.94                               | 1.84 | 0.00 | 0.00  | 46.06 | 0.96 |
| 30-60     | AC  | 0.14 | 2.74                           | 0.62 | 1.11 | 0.25 | 10.60       | 43.77 | 8.38 | 8.2 | 1.69                               | 3.00 | 2.20 | 17.64 | 9.95  | 1.84 |
| ---       | C   | ---  | ---                            | ---  | ---  | ---  | ---         | ---   | ---  | --- | ---                                | ---  | ---  | ---   | ---   | ---  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo. CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases. Naf: Medición de la reacción del suelo (pH) en natrión.



sobre la superficie del suelo, el nivel freático durante la estación seca se encuentra a una profundidad de 2.05 m (marzo-abril) y a 1,75 m durante los meses más húmedos (agosto-septiembre) de acuerdo a las figuras 25-28: mapas de isobatas e isohipsas, este cause consiste una zona de descarga del nivel freático. Presenta un régimen de humedad ústico.

En cuanto a la fertilidad de los suelos, éstos muestran una reacción alcalina superficialmente y fuertemente alcalina en el horizonte AC. El coloide superficial muestra alta capacidad de intercambio catiónico mayor del 70 Cmol/kg; con alta saturación de bases (50 %) predominantemente por una alta concentración de calcio, que le da el carácter alcalino, en tanto que el los niveles de concentración de magnesio y sodio se encuentran en niveles adecuados de concentración. En la solución del suelo se determinó baja disponibilidad de fósforo y el potasio al igual que en la reserva del coloide se encuentran en niveles deficientes de acuerdo a los niveles críticos de concentración de éstos nutrientes, no se encuentra cobre y hierro disponible en el horizonte superficial y los niveles de zinc se observan deficientes, sin embargo los niveles de manganeso disponible son altos.

Agrológicamente, de acuerdo a la capacidad productiva de los suelos, éstos corresponden a la clase "Ils" y según su capacidad de fertilidad se encuentran clasificados en "LS'dek", aptos para cultivos permanentes, semipermanentes y de temporada, así como para uso de potreros y bosque latifoliar. El uso del suelo para cultivos semipermanentes; durante la estación seca, requiere de riego de manera intensiva. El sistema de riego que más se adecua a las condiciones del terreno es el riego por aspersión. En general éstos suelos presentan una alta capacidad de intercambio, sin embargo, son deficientes tanto en macronutrientes como micronutrientes, con altas limitaciones de profundidad en donde las actividades de labranza deben ser mínimas y muy superficiales debido a la alta susceptibilidad de éstos para perder sus propiedades físicas tanto por destrucción de las estructuras de los suelos formadas o bien por la mezcla de materiales de suelo formados y diferenciados con materiales originales del suelo subsuperficial los cuales pueden encontrarse a una profundidad de 30 a 35 cm.

Para el cultivo de la caña de azúcar, estos suelos no presentan limitantes severas, sin embargo el manejo y orientación de las labores de campo se definen con el objeto de mantener las propiedades físicas y químicas de los suelos y mejora de los niveles de fertilidad de los suelos. En el caso del manejo de la materia orgánica, ésta es importante debido a su bajo contenido en el suelo, por lo que debe evitarse la destrucción de los materiales orgánicos producto de los residuos de cosecha y su incorporación. En el caso de manejo de fertilizantes, el suelo es deficiente en macronutrientes y micronutrientes por lo que deben ser aplicados al suelo en cantidades equivalentes a los requerimientos del cultivo de acuerdo a los niveles de producción de caña industrial esperados (ver cuadro 40). En cuanto a la mecanización de los suelos es necesario la aplicación de labranza mínima, principalmente en las actividades de renovaciones de plantaciones en las cuales es necesaria la destrucción de la cepa anterior utilizando procesos químicos para destruir la plantación anterior, surquear y sembrar en medio de los surcos de la plantación anterior. Con fines de uso del agua de riego de acuerdo a los

## - Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú (P-15).

### Descripción del Pedón P-15

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Ubicación:                | Coordenadas 14°02'07" Latitud Norte y 90°46'29" Longitud Oeste, a 200 m de la Poceta de la Arenera de Iguazú.                               |
| Reconocedor:              | Ronald Gómez Anzueto.   |
| Fecha:                    | 24-5-96   |
| Posición:                 | Planicie baja de Iguazú.  |
| Elevación:                | 26 msnm.  |
| Pendiente:                | Menor de 1 % con dirección Sur, penetra a la finca San Martín.  |
| Vegetación o cultivo:     | Áreas cultivadas con caña de azúcar y otras en las que se desarrollan pastos como <i>Leptochloa filiformis</i> y <i>Sorghum ilapensis</i> . |
| Pedregosidad:             | Sin piedras.  |
| Drenaje:                  | Superficialmente presenta un drenaje lento y deficiente e internamente lentamente drenado.  |
| Régimen de humedad:       | Ústico.   |
| Régimen de temperatura:   | Isotérmico.   |
| Material original:        | Deposiciones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas con fragmentos de rocas volcánicas.                |
| Erosión:                  | No presenta peligro de erosión.   |
| Epipedón:                 | Ocrico.   |
| Endopedón:                | No tiene.   |
| Clasificación taxonómica: | Typic Ustorthents arenosa.  |

### Descripción del Perfil del Pedón P-15

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| AC        | 0-24        | Pardo grisáceo oscuro en seco (2.5Y 4/2), negro (10YR 2/1) en húmedo, textura franca arenosa (más del 70 % de la fracción de arena en la tierra fina), estructura suelta con consistencia suelta en seco, húmedo y mojado.  |
| C         | a más de 24 | Horizonte que muestra una coloración pardo grisáceo (2.5YR 5/2) y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2), textura arenosa (más del 90 % de arenas dentro de la fracción de tierra fina) de estructura suelta con presencia de fragmentos rocosos de canto rodado de diámetro hasta de 2 cm. |

### Análisis Físico-Químico del Pedón P-15

**Cuadro 30. Análisis Físico de los horizontes del Pedón P-15 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú.**

| PROF | Hte  | GRANULOMETRÍA<br>Porcentaje |       |        | CLASE<br>TEXTURAL | RETENCIÓN DE HUMEDAD |          | DENSIDAD<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO<br>POROSO<br>% |
|------|------|-----------------------------|-------|--------|-------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|------------------------|
|      |      | Arcilla                     | Limos | Arenas |                   | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                              | Aparente |                        |
| AC   | 0-24 | 8.51                        | 19.92 | 71.57  | Franco Arenoso    | 31.84                | 18.50    | 2.500                             | 1.333    | 46.8                   |
| C    | > 24 | 8.73                        | 0.76  | 92.03  | Arena             | 59.19                | 12.70    | 2.352                             | 1.0527   | 55.25                  |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascales (presión negativa).

**Cuadro 31. Análisis Químico de los horizontes del Pedón P-15 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú.**

| PROF<br>(cm) | Hte  | MO<br>% | BASES INTERCAMBIABLES<br>Cmol/Kg |      |       |      | CIC<br>Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg |      |      |       |       |      |
|--------------|------|---------|----------------------------------|------|-------|------|----------------|-------|------|-----|----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|              |      |         | Ca                               | K    | Mg    | Na   |                |       | Agua | NaF | P                                | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| AC           | 0-24 | 1.21    | 9.48                             | 1.41 | 1.15  | 0.25 | 20.16          | 56    | 6.66 | 9.9 | 0.84                             | 0.92 | 0.00 | 5.28  | 14.64 | 2.04 |
| C            | > 24 | 0.13    | 7.98                             | 1.51 | 13.16 | 2.96 | 33.84          | 75.68 | 8.99 | 9.3 | 3.83                             | 1.94 | 3.68 | 11.88 | 22.92 | 2.12 |

PROF: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centímoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases, NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en naitalina.

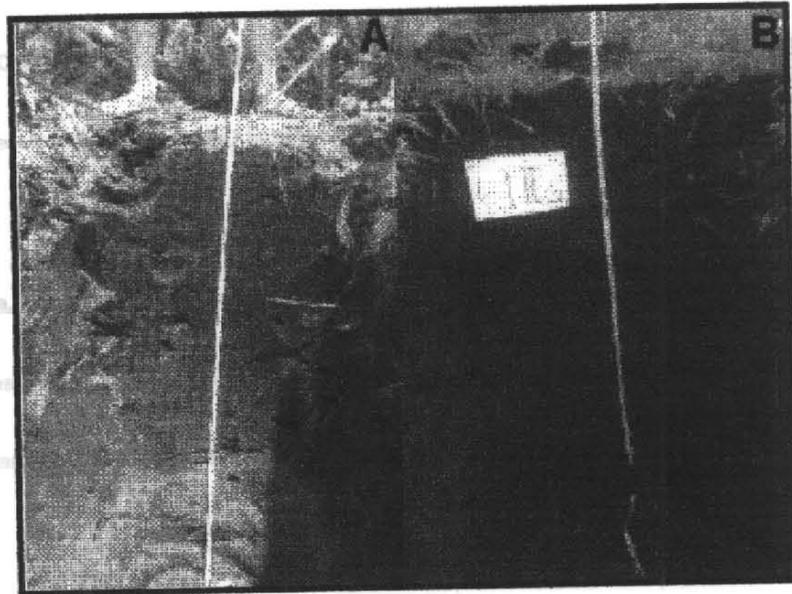


Figura 14. Perfil de los suelos Typic Usthorrents arenosa de los Causes Antiguos de Inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú. Presentan un epipedón Ocrico sobre materiales arenosos (Horizontes AC y C), Régimen de Humedad Ustico. La figura 14A, muestra áreas que incursionan en la Sub-unidad de Orinoco y que actualmente se encuentran cultivadas. La Figura 15B corresponde a áreas no cultivadas en Iguazú denominadas Areneras.

Esta unidad de mapeo está constituida por causes antiguos de inundación del río Naranjo que penetraron a la finca Bolivia por la subunidad productiva de Orinoco y se prolongaron a la subunidad productiva de Iguazú hasta la finca San Martín (al sur de Iguazú) durante el proceso de formación de la planicie aluvial del río Naranjo. Comprende 48.88 ha distribuidas en 19.96 en Iguazú, 7.98 en Palo Pinta y 16.0 en Orinoco. El Perfil está compuesto por un horizonte superficial AC de color pardo grisáceo oscuro en seco, bajo contenido de materia orgánica, textura franco arenosa (bajo contenido de materiales de tierra fina de diámetro menor a 0.02 mm) con más de 70 % de arenas gruesas, estructura suelta de consistencia suelta, seguido a este se encuentra el horizonte C que consiste en capas subsecuentes de arenas mezcladas con fragmentos de roca volcánica de canto rodado y gravas de tamaño mayor a 2 mm hasta 3 cm. El suelo cuando seco, posee una estructura suelta, con alta susceptibilidad a los procesos de erosión eólica de las partículas finas, el horizonte AC muestra una baja permeabilidad, en general, el suelo presenta una velocidad de infiltración básica ligeramente baja equivalente a 1.67 cm/hr, mantiene un régimen de humedad ustico, sin riesgos de inundación. El nivel freático se presenta a una profundidad de 2 m de la superficie durante los meses críticos de la estación seca (marzo-abril) y de 1.50 m durante el período más húmedo de la estación lluviosa (agosto-septiembre), consistiendo éstas, área de descarga del nivel freático circundante con una dirección de flujo que corre de Oeste a sur (ver dirección de flujo de las áreas de descarga del nivel freático en las figuras 25-28. Plano de Isobatas e Isohipsas).

Con base en los análisis físico-químico (cuadros 30,31), los suelos mantienen muy bajo contenido

de materia orgánica y muy baja capacidad de retención de humedad. Químicamente, los suelos muestran en el horizonte superficial una reacción neutra, capacidad de intercambio catiónico regular y una saturación de bases mayor del 50 %, los cationes intercambiables, de acuerdo a los niveles críticos de evaluación de la fertilidad; el calcio, magnesio y sodio se encuentran en niveles adecuados de concentración en la reserva del suelo, si embargo, el potasio, tanto de la reserva como en la solución del suelo es muy baja. La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, el fósforo se encuentra en niveles bajos de concentración, dentro de los micronutrientes se encuentra el cobre y el hierro en niveles muy bajos de concentración mientras que el manganeso y el zinc son adecuados.

El horizonte C muestra una reacción extremadamente alcalina por la alta concentración de magnesio (39 %) y sodio (8 %), pobre en fósforo, potasio, cobre y hierro disponible en la solución del suelo.

Agrológicamente estos suelos corresponden a la clase IV (USDA) y según su capacidad de fertilidad son suelos SS'dxk, superficiales de baja fertilidad principalmente deficientes en potasio, bajo contenido de materia orgánica, régimen de humedad ústico, no apto para cultivos de escaso desarrollo radicular de temporada o semipermanente, potencialmente aptos para cultivos de sistema radicular profundo como frutales y bosque. La recuperación de estos suelo para su uso en cultivos semipermanentes y de temporada requiere de adición de grandes cantidades de tierra bien desarrollada y materia orgánica lo cual resulta antieconómico.

**- Causas Antiguas de Inundación del Naranjo en Palo Pinta y Río Plata (P-16).**

**Descripción del Pedón P-16**

Ubicación: Coordenadas 14°00'09" Latitud Norte y 90°45'07" Longitud Oeste, 300 m al sur del bosque de Palo Pinta y Río Plata.  
 Reconocedor: Ronald Gómez Anzueto.  
 Fecha: 29-5-96  
 Posición: Arenera de la planicie baja de Palo Pinta y Río Plata.  
 Elevación: 24 msnm.  
 Pendiente: 1 % al Sudoeste hacia el zanjón Las Malicías.  
 Vegetación o cultivo: Caña de azúcar.  
 Pedregosidad: Sin piedras.  
 Drenaje: Superficialmente presenta un drenaje lento y deficiente e interno drenaje lento.  
 Régimen de humedad: Ustico.  
 Régimen de temperatura: Isohípertermico.  
 Material original: Depositiones aluviales antiguas de sedimentos compuestos por arenas y cenizas volcánicas.  
 Erosión: No presenta peligro de erosión.  
 Epipedón: Ocrico  
 Endopedón: Fragipan.  
 Clasificación taxonómica: Typic Fragiochrepts francosa fina somera sobre fragmental.

**Descripción del Perfil del Pedón P-16**

| Horizonte | Prof. (cm)  | Descripción   |
|-----------|-------------|---|
| A         | 0-25        | Color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco, gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo, textura franca arcillosa, consistencia masiva y dura en seco, muy firme en húmedo, muy adherente y muy plástica en mojado, estructura masiva y compacta, no presentó reacción positiva a la prueba de carbonatos (prueba de campo con HCl 0.1 N) y reacción negativa ala prueba de NaF (detección de materiales alófanos). Desarrollo de malezas y pastos únicamente durante la estación seca ( <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Leptochloa filiformis</i> ). |
| AC        | 25-65       | Horizonte que muestra una coloración pardo pálido en seco (10YR 6/3), textura franco arenosa de consistencia muy dura en seco, muy firme en húmedo, no adherente y poco plástica en mojado, escaso desarrollo radicular de gramíneas que se desarrollan en la superficie.   |
| C         | a más de 65 | Pardo grisáceo en seco (2.5Y 5/2), pardo muy oscuro en húmedo, textura franca en la fracción de suelo menor de 2 mm de diámetro conteniendo en su composición total más del 35 % de materiales fragmentales compuestos por fragmentos de roca y guijeros que le proporcionan al suelo la estructura esqueleto fragmental.   |

**Análisis Físico-Químico del Pedón P-16**

**Cuadro 32. Análisis Físico de los Horizontes del Pedón P-16 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Palo Pinta y Río Plata.**

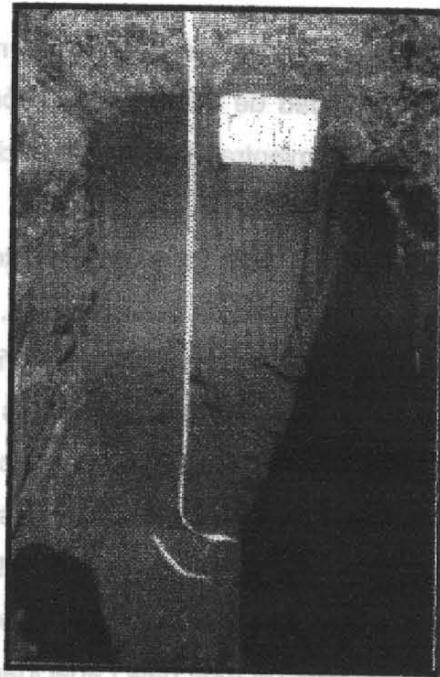
| PROP  | Hte | GRANULOMETRIA |         |          | CLASE TEXTURAL                     | RETENCION DE HUMEDAD |          | DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> ) |          | ESPACIO POROSO % |
|-------|-----|---------------|---------|----------|------------------------------------|----------------------|----------|-------------------------------|----------|------------------|
|       |     | % Arcilla     | % Limos | % Arenas |                                    | 33 Kpa               | 1500 Kpa | Real                          | Aparente |                  |
| 0-25  | A   | 23.34         | 29.46   | 42.20    | Franco Arcilloso                   | 36.27                | 23.01    | 2.222                         | 1.111    | 50               |
| 25-65 | AC  | 11.13         | 29.65   | 59.22    | Franco arenoso                     | 37.12                | 18.40    | 2.4242                        | 1.250    | 48.43            |
| > 25  | C   | 16.47         | 33.75   | 49.78    | Franco en Tierra fina (Fragmental) | 10.35                | 6.64     | 2.6666                        | 1.600    | 39.98            |

PROP: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, Kpa: Kilopascuales (presión negativa).

**Cuadro 33. Análisis Químico de los Horizontes del Pedón P-16 de los Causas Antiguas de Inundación del río Naranjo en Palo Pinta y Río Plata.**

| PROP (cm) | Hte | MO % | BASES INTERCAMBIABLES Cmol/Kg |      |      |      | CIC Cmol/Kg | % SB  | pH   |     | ELEMENTOS DISPONIBLES microgr/kg |      |      |       |       |      |
|-----------|-----|------|-------------------------------|------|------|------|-------------|-------|------|-----|----------------------------------|------|------|-------|-------|------|
|           |     |      | Ca                            | K    | Mg   | Na   |             |       | Agua | NaF | P                                | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn   |
| 0-25      | A   | 2.48 | 17.96                         | 1.22 | 7.73 | 0.43 | 61.20       | 44.67 | 6.74 | 8.9 | 1.65                             | 1.69 | 0.00 | 2.28  | 45.19 | 3.75 |
| 25-65     | AC  | 0.25 | 15.22                         | 0.49 | 8.51 | 0.54 | 43.42       | 58.38 | 7.46 | 9.3 | 2.25                             | 0.74 | 1.43 | 14.88 | 8.12  | 1.96 |
| > 65      | C   | 0.14 | 3.99                          | 0.36 | 1.81 | 0.26 | 11.52       | 55.92 | 7.62 | 8.7 | 3.70                             | 0.91 | 1.72 | 48.80 | 7.40  | 1.64 |

PROP: Distancia de la superficie a los límites de los horizontes, Hte: horizonte, MO: Contenido de materia orgánica en el horizonte (%), Cmol/kg: Centimoles del elemento encontrado por kilogramo de suelo, CIC: Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg), %SB: Porcentaje de saturación de bases NaF: Medición de la reacción del suelo (pH) en natrium.



**Figura 18. Perfil de los suelos Typic Haplustolls francosa fina somera sobre fragmental de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en la planicie baja de Río Plata y Palo Pinta. Horizonte A arcilloso, masivo muy poco permeable, Horizonte AC carácter fragipan Textura limosa llenando la matriz fragmental del suelo.**

Esta unidad de suelo comprende 58.18 ha distribuidas; 15.22 en la subunidad productiva de Palo Pinta y 42.96 que corresponden a Río Plata, constituyen suelos de relieve plano y pendiente menor del 1 % dirección de Oeste al Sur, ústico, el nivel freático se localiza a 1.75 m de la superficie durante la estación lluviosa y de 2.0 m durante la estación seca. Los suelos muestran una velocidad de infiltración lenta equivalente a 0.25 cm/hr. Son suelos compuestos por depósitos aluviales de materiales gruesos y fragmentales sobre causes antiguos de inundación durante la formación de la planicie aluvial del río Naranjo, el perfil presenta una secuencia de horizontes A, AC y C. En donde el Horizonte A es Ocrico de 25 cm de espesor, textura franco arcillosa, color pardo grisáceo oscuro en seco, extremadamente duro y masivo en seco con la formación de fragipan.

El horizonte AC, presenta un espesor de 40 cm, color pardo pálido, textura franco arenosa en la fracción de tierra fina y un 10 % de materiales fragmentales en su límite inferior (fragmentos de roca y guijarros cementados por materiales limosos). El horizonte C, compuesto por secuencias de materiales arenosos finos, gruesos, fragmentales y mezclados.

De los análisis físico-químicos (cuadros 32-33), el horizonte superficial muestra muy bajo contenido de materia orgánica en su composición, reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico con una saturación de bases del 45 %, predominantemente por calcio (26 % de saturación), mientras las concentraciones de magnesio y sodio son adecuadas dentro del complejo cambiante, sin embargo, la

saturación de potasio se encuentra en niveles deficientes. La reacción del suelo en el horizonte AC es moderadamente alcalina con alta capacidad de intercambio catiónico y saturación adecuada de las bases cambiables de calcio, magnesio y sodio mientras que la saturación de potasio intercambiable del suelo se encuentra en niveles muy bajos.

El horizonte C presenta una muy baja capacidad de intercambio catiónico y muy baja saturación de bases cambiables. La fertilidad de esta unidad de suelo es baja, dado a la baja concentración de fósforo y potasio disponible en la solución del suelo del horizonte superficial. En el estudio de la disponibilidad de nutrientes el cobre no se encuentra en forma disponible, mientras en los niveles inferiores, éste se encuentra en concentraciones muy bajas. La concentración de hierro disponible varía de niveles adecuados a niveles muy bajos del horizonte C al A; y de manera inversa se observan las concentraciones de magnesio y zinc cuya concentración es mayor en la superficie disminuyendo su disponibilidad a con la profundidad del suelo.

Agrológicamente los suelos corresponden a la Clase "V" (USDA) y con base a su capacidad fertilidad a la clasificación "LS" dbk", suelos de muy baja capacidad productiva en donde se desarrollan pastos y malezas que alcanzan un desarrollo radicular hasta el horizonte AC, de bajo desarrollo y únicamente durante la estación lluviosa, la recuperación de estos suelos para uso de cultivos anuales o semipermanentes es antieconómica ya que requiere de la aplicación de grandes cantidades suelo desarrollado y de materia orgánica, son suelos no aptos para el cultivo de caña de azúcar, con capacidad para el desarrollo de bosque.

## 7.2. USO ACTUAL DE LA TIERRA DE LA FINCA BOLIVIA

### 7.2.1. Distribución del Uso de la Tierra de la Finca Bolivia

Tomando como base la figura 24: mapa del uso actual del suelo en la finca Bolivia y el cuadro 34, las 1481.37 ha están dedicadas al cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.), cuyos elementos y características se detallan adelante.

#### 7.2.1.1. Area cultivada:

Actualmente; el área real cultivada con caña de azúcar constituye unas 1,307 ha, de las cuales se encuentran distribuidas dentro de las subunidades productivas de la siguiente forma: Amazonas 317.5 ha, Orinoco 193.31 ha, Iguazú 268.1 ha, Palo Pinta 248 ha; Río Plata 289.58 ha.

#### 7.2.1.2. Infraestructura y obras de ingeniería:

La finca Bolivia ocupa 58.91 ha en infraestructura, la cual se distribuye de la manera siguiente: 42.05 ha constituyen calles y rondas que permiten el acceso a la plantación, 15.2 ha ocupan estructuras de ingeniería agrícola: drenes y zanjos, estructuras de intercepción del acuífero subterráneo y almacenamiento de agua para riego (pocetas), 1.66 ha en instalaciones administrativas y bodegas.

#### 7.2.1.3. Areas sin cultivar

Actualmente existen áreas sin cultivar que ocupan una extensión de 69.99 ha y se ubican principalmente en las subunidades productivas de Iguazú, Palo Pinta y Río Plata, a éstas se les ha denominado "Areneras", en las que solo se desarrollan gramíneas como: (Leptoschloa filiformis) y (Cynodon dactylon) con muy poco desarrollo y solo durante la época lluviosa; ya que durante el verano éstas áreas son extremadamente secas.

#### 7.2.1.4. Bosque

El área ocupada con bosque dentro de la finca, tiene una extensión 45.37 ha, que se distribuyen en las 5 subunidades productivas que componen la finca Bolivia (Cuadro 34), así mismo del límite Noreste hasta el límite Sudeste de la finca se encuentra el cause del río Naranjo el cual se encuentra circundado por unas 41.11 ha de bosque. El bosque latifoliar abierto; característico de la zona, se encuentra integrado por las especies siguientes: caoba (Swietenia humilis), ceibillo (Ceiba aescutifolia), psiquin (Albizia caribaea), mangle blanco (Avicennia nitida), amate (Ficus sp), volador (Terminalia oblonga), cenicero (Sommarrea saman), palo blanco (Roseodendron donell-smithii), principalmente.

Cuadro 34. Uso Actual de la Tierra en la Finca Bolivia, Masagua, Escuintla.

| USO           | SUBUNIDAD PRODUCTIVA<br>(ha) |         |        |               |              | AREA          |      |
|---------------|------------------------------|---------|--------|---------------|--------------|---------------|------|
|               | AMAZONAS                     | ORINOCO | IGUAZU | PALO<br>PINTA | RIO<br>PLATA | TOTAL<br>(ha) | %*   |
| CALLES        | 2.33                         | 1.77    | 0.74   | 2.68          | 4.22         | 11.74         | 0.79 |
| RONDAS        | 8.18                         | 4       | 4.9    | 4.23          | 9            | 30.31         | 2.05 |
| DRENES**      | 2.78                         | 3.52    | 0.97   | 0.53          | 0.77         | 8.57          | 0.58 |
| ZANJO         | 0                            | 0       | 0.66   | 0             | 0.73         | 1.39          | 0.09 |
| POCETAS***    | 1.22                         | 0.98    | 1.08   | 1.96          | 0            | 5.24          | 0.35 |
| INSTALACIONES | 1.35                         | 0.31    | 0      | 0             | 0            | 1.66          | 0.11 |
| BOSQUE        | 14.64                        | 3.11    | 0      | 19.21         | 8.41         | 45.37         | 3.06 |
| SIN CULTIVO   | 0                            | 0       | 15.16  | 17.042        | 37.79        | 69.992        | 4.72 |
| CULTIVADO     | 317.5                        | 198.31  | 268.1  | 248.768       | 289.58       | 1307.098      | 88.2 |
| TOTAL         | 348                          | 212     | 276.45 | 294.42        | 350.5        | 1481.37       | 100  |

\* Porcentaje del total del área.

\*\* Estructuras de drenaje superficial construidas.

\*\*\* Reservorio de almacenamiento y aprovechamiento de aguas subterráneas.

## 7.2.2. Manejo Tecnológico Actual del Cultivo de la Caña de Azúcar

Cuadro 35. Secuencia de labores para renovaciones de caña.

| LABOR  | DÍAS (Postsiembra) |
|--|--------------------|
| Rastreo previo para destrucción de cepa            | -16*               |
| Volteo del suelo con aradura                       | -15                |
| Rastreo  | -8                 |
| Surqueo y fertilización                            | -2                 |
| Estaquillado                                       | -2                 |
| Corte de semilla                                   | -1                 |
| Alce, carga, descarga y distribución de semilla    | 0**                |
| Siembra  | 0                  |
| Tapado mecánico y aplicación de insecticidas riego | 0                  |
| de germinación                                     | 1                  |
| Aplicación de herbicida pre-emergente              | 13                 |
| Primer riego                                       | 55                 |
| Fertilización mecánica                             | 56                 |
| Arranque de malezas                                | 57                 |
| Segundo riego                                      | 58                 |
| Segunda aplicación de herbicida post-emergente     | 78                 |
| Tercer riego                                       | 98                 |
| Cuarto riego                                       | 113                |
| Limpieza manual                                    | 286                |
| Aplicación de madurante                            |                    |

\* -16: Dieciséis días antes de la siembra.

\*\* 0: Día de la siembra o renovación

\*\*\* 1: Días después de la siembra

**Cuadro 36. Secuencia de labores para el mantenimiento de caña soca.**

| LABOR                            | DÍAS |
|----------------------------------|------|
| Desbasurado manual               | 05   |
| Escarificado                     | 10   |
| Cultivo y fertilización mecánica | 35   |
| Resiembra                        | 36   |
| Primer riego                     | 37   |
| Arranque de malezas              | 40   |
| Segundo riego                    | 63   |
| Primera aplicación de herbicidas | 64   |
| Primera limpia manual            | 125  |
| Tercer riego                     | 126  |
| Segunda Aplicación de Herbicidas | 127  |
| Aplicación de Madurante          | 285  |

Tanto dentro de la secuencia de labores para renovaciones así como para mantenimiento de caña soca para suelos arenosos, se presenta la labor de incorporación de cachaza, la cual presenta una fuente principal de fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), calcio (Ca), magnesio (MgO), boro ( $B_2O_3$ ), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mg) y zinc (Zn).

#### 7.2.2.1. Descripción de la secuencia de labores mecanizadas en siembras nuevas y renovaciones

##### A. Subsolado:

La actividad de subsolado se realiza principalmente en áreas nuevas integradas al cultivo de la caña de azúcar como el caso del área del Bosque de Amazonas, que fue incorporada recientemente, también se realiza aunque no de manera muy frecuente durante las Renovaciones de cañales, en algunos suelos los cuales se supone han sufrido procesos de compactación por el paso de maquinaria pesada tanto durante el proceso de cultivo como en los periodos de zafra, durante el periodo que dura el cultivo, (5 años).

El subsolado se realiza mediante dos pasos del mismo, el primero, se realiza orientado a la dirección que tendrán los surcos en las áreas nuevas para el cultivo y el segundo paso de subsolado se realiza con una dirección de  $45^\circ$  con relación a la dirección del primer paso. La distancia de los cuerpos del subsolador es de 1.5 m (distancia de siembra). La profundidad del mismo es de 0.60 m (60 cm), las condiciones del terreno bajo las cuales se realiza ésta labor deben ser en suelos secos en estado compactado, para el mismo se utiliza un tractor de banda, el implemento es un cincel pesado sin torpedo, dispuesto en forma perpendicular en relación con la barra portaherramienta.

### B. Volteo:

Básicamente ésta labor consiste en arar el área destinada para la siembra el cual se realiza con un implemento compuesto por 5 cuerpos (discos) reversible de 28 pulgadas de diámetro con una profundidad de penetración de 16 pulgadas y con un ancho de corte de 1.5 m el cual se realiza en dirección perpendicular a la orientación que llevarán los surcos, Esta actividad se realiza a cada 5 ó 6 años posteriormente (renovaciones).

De acuerdo a experiencias se ha calculado una eficiencia de ésta labor de 0.4 ha/hr, con una eficiencia de tiempo del 75 %, a una velocidad de trabajo de 4.2 km/hr.

La metodología empleada es de amelgas, la cual consiste en dividir el área en sub-áreas y trabajar en forma individual en ellas lo cual facilita las vueltas del tractor para iniciar una nueva amelga. El inconveniente de ésta técnica es que al final queda un surco muerto entre las amelgas por lo que es necesario realizar un viaje adicional para anularlo.

Dentro del presupuesto de costos calculados se tiene que Q.255.00 es el costo por hectárea de volteo, el cual incluye el costo de maquinaria, salarios, prestaciones y bonificaciones.

### C. Rastreo:

Se realizan en el terreno 2 pasos de rastra, generalmente a los 8 días posteriores al volteo, el objeto de esta práctica es desmenuzar los terrones que quedaron después del volteo, para lo cual se utiliza una rastra de tiro en V de 4 secciones (2 cuerpos) de 24 y 22 discos con una profundidad de trabajo de 0.25 m (10 "). éste tipo de implemento es de tipo rompedor con discos delanteros dentados (cortadores de raíces) y los traseros de tipo liso adecuados para mullir el suelo. El primer paso de rastra se realiza en dirección a los surcos y el segundo paso de rastra se realiza en ángulo perpendicular al primer paso de rastra.

La capacidad del equipo, tomando un 75 % de eficiencia del tiempo y un ancho de corte de 3 metros es de 1.25 ha/ hr.

Dentro del presupuesto de la finca Amazonas a la labor de rastreo se le ha calculado un costo de Q123.42 por hectárea el cual incluye el costo incurrido por la renta de la maquinaria, implemento y costo de mano de obra de operador.

### D. Surqueo-fertilización

Esta actividad se realiza a los trece días posteriores al rastreo para el cual se utiliza un surqueador adaptado al mismo un equipo fertilizador. El surqueador está provisto de tres cuerpos colocados a 1.5 m entre ellos (distancia entre surcos), la profundidad de surqueo es de 0.35 m (14 "). accionado por una bomba hidráulica la cual da movimiento rotativo a los dosificadores del equipo fertilizador y al enganche de tres puntos para subir y bajar el implemento completo. La fertilizadora tiene

tres caídas (mangueras) colocadas directamente atrás del cuerpo del surqueador el cual deposita el fertilizante en el fondo del surco. La fertilizadora es calibrada para mantener una dosificación de 6 quintales de fertilizante por hectárea.

El fertilizante aplicado es el triple super fosfato (46 %  $P_2O_5$ ), recomendado por el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio, ésta se realiza únicamente (fertilización con fósforo) al momento de la siembra o en renovaciones realizándose hasta en la próxima renovación (Cada 5 ó 6 años).

Tomando un 75 % de eficiencia del tiempo, y trabajando el tractor a 1700 r.p.m. (motor), a una velocidad de 3.2 km/hr se tiene una eficiencia de la labor de 0.95 ha/hr.

Dentro del presupuesto de la finca, el costo de ésta labor es de Q. 577.44 en el cual se incluye el costo de maquinaria, mano de obra del operador y de los dos visualeros (peones provistos de Jalones cuya función es la de alinear al tractor en el trazo de los surcos).

#### E. Tapado mecánico y aplicación de insecticida

Actualmente se utiliza una tapadora mecánica adaptado a ésta una dosificadora de insecticida granulado para el control de plagas del suelo (insectos-nemátodos), ésta consta de tres tolvas para esta función. La dosificadora de insecticida se encuentra accionada por el mecanismo hidráulico del tractor. La tapadora está compuesta por dos discos dispuestos en ángulo convergente y un rodó de peso aproximado a 54 kg (100 lbs) cuya función es la eliminación de cámaras de gases entre el suelo y la semilla por compactación.

En la actividad participan dos peones que se encargan de cargar las tolvas del insecticida y un operador del tractor y se tiene una eficiencia de 0.8 ha/hr con una eficiencia de tiempo del 75 % a una velocidad de 4.3 km/hr con una cobertura de 4.5 m del implemento (3 surcos del cultivo). El costo de la actividad es Q.262.43/ha.

#### F. Riego de germinación

Al tener el pante sembrado se procede de inmediato a aplicar el riego de germinación, el cual se realiza el mismo día o el siguiente a la siembra. Se ha calculado la aplicación de una lámina Bruta de 58 mm aplicados en un tiempo de 3 horas cuando las condiciones del terreno son secas y no se ha presentado lluvia anteriormente, para la realización de ésta actividad se requiere de un equipo de bombeo de 100 HP, con cañones provistos de boquilla de 1.79 pulgadas de diámetro con una capacidad de descarga de 400 gal/min y un alcance aproximado de 50 m de diámetro, y con una distribución aproximada de 4 tubos de aluminio entre aspensor y 6 entre laterales, bajo condiciones de viento normal en el área, pero cuando estos soplan fuerte la distribución cambia de 3 tubos entre aspensor y 4 entre laterales.

Trabajando bajo éstas condiciones, se tiene una eficiencia de 5 hectáreas en turnos de 24 horas de trabajo, en ésta actividad participa; tres peones y un operador de motobomba.

En la finca Amazonas se cuenta con 4 equipos de aspersión y 2 equipos de bombeo para cubrir la necesidad de riego en siembras nuevas y renovaciones mientras que para levantamiento de caña soca se cuenta con 2 equipos de bombeo. El riego de mantenimiento de soca se realiza a los 37 días, el segundo se realiza a los 63 días y el tercero a los 126 días.

Existen diferencias en tipos de riego y dependen principalmente del tipo de suelo:

Suelos Franco Arenosos 1.5 hr.

Suelos Arcillosos 2.5 hr.

Suelos Francos 2.0 hr.

La diferencia en el tiempo de riego depende principalmente en la reducción en la frecuencia de riego que en forma general ha sido de 15 días.

*Cuadro 37. Análisis de calidad de muestras de agua provenientes de pocetas, finca Bolivia.*

| No. DE UBICACION       | FECHA   | pH   | CE*10 <sup>6</sup> | Na      | K    | Ca    | Mg   | SO <sub>3</sub> | TSD | Dureza                | RAS  | CLASIFICACION |     |
|------------------------|---------|------|--------------------|---------|------|-------|------|-----------------|-----|-----------------------|------|---------------|-----|
|                        |         |      |                    | (meq/l) |      |       |      |                 |     | Ppm CaCo <sub>3</sub> |      |               |     |
| 1. Lote 7, Amazonas    | 31/8/94 | 8.17 | 460                | 0.61    | 0.40 | 8.8   | 2.45 | 1.5             | 290 | 196                   | 0.26 | C2S1          |     |
| 2. Lote Amazonas       |         | 8.29 | 470                | 0.56    | 0.47 | 9.85  | 2.36 | 1.5             | 296 | 206                   | 0.23 | C2S1          |     |
| 3. Lote 35, Iguazú     |         | 8.35 | 659                | 1.35    | 0.54 | 9.45  | 3.44 | 2.0             | 421 | 242                   | 0.53 | C2S1          |     |
| 4. Lote 23 Orinoco     |         | 8.33 | 735                | 1.61    | 0.50 | 14.5  | 3.38 | 2.0             | 465 | 256                   | 0.54 | C2S1          |     |
| 5. Lote 02 Orinoco     |         | ---  | ---                | ---     | ---  | ---   | ---  | ---             | --- | ---                   | ---  | ---           | --- |
| 7. lote 35, Palo Pinta |         | 8.40 | 772                | 1.13    | 0.67 | 13.65 | 3.60 | 1.5             | 481 | 340                   | 0.36 | C3S1          |     |
| 1. Lote 7, Amazonas    |         | 8.0  | 560                | 2.7     | 0.24 | 2.32  | 3.11 | 3.0             | --- | 248                   | 1.64 | C2S1          |     |
| 2. Lote Amazonas       | 28/9/94 | 7.30 | 411                | 0.91    | 0.17 | 1.41  | 2.62 | 4.0             | --- | 194                   | 0.64 | C2S1          |     |
| 3. Lote 35, Iguazú     |         | 7.89 | 457                | 1.48    | 0.20 | 1.61  | 2.46 | 2.0             | --- | 457                   | 1.04 | C2S1          |     |
| 4. Lote 23 Orinoco     |         | 8.15 | 461                | 1.56    | 0.23 | 1.73  | 2.46 | 2.0             | --- | 461                   | 1.06 | C2S1          |     |
| 5. Lote 02 Orinoco     |         | 7.10 | 700                | 2.26    | 0.33 | 2.40  | 3.61 | 4.0             | --- | 290                   | 1.30 | C2S1          |     |
| 7. lote 35, Palo Pinta |         | 8.0  | 691                | 2.95    | 0.32 | 1.94  | 3.11 | 3.0             | --- | 242                   | 1.66 | C2S1          |     |
| 1. Lote 7, Amazonas    | 3/11/94 | ---  | 622                | 1.83    | 0.19 | 1.60  | 2.13 | 50              | 466 | 278                   | 1.34 | C2S1          |     |
| 2. Lote Amazonas       |         | ---  | 456                | 0.91    | 0.13 | 0.99  | 2.13 | 50              | 267 | 200                   | 0.73 | C2S1          |     |
| 3. Lote 35, Iguazú     |         | ---  | 519                | 1.48    | 0.17 | 1.04  | 2.21 | 50              | 295 | 210                   | 1.16 | C2S1          |     |
| 4. Lote 23 Orinoco     |         | ---  | 486                | 1.13    | 0.18 | 1.11  | 1.97 | 45              | 279 | 200                   | 0.91 | C2S1          |     |
| 5. Lote 02 Orinoco     |         | ---  | 651                | 1.83    | 0.25 | 1.29  | 2.62 | 70              | 365 | 278                   | 1.31 | C2S1          |     |
| 7. lote 35, Palo Pinta |         | ---  | 741                | 2.35    | 0.29 | 1.34  | 2.70 | 50              | 407 | 254                   | 1.65 | C2S1          |     |

Fuente: Estudio de niveles freáticos de la finca Bolivia. Cengicaña. 1995.

Dependiendo de la etapa en la cual se realice la siembra y de las condiciones climáticas, se tienen en siembras nuevas y en renovaciones hasta 4 riegos siendo éstos aplicados de acuerdo a las características físicas del cultivo respecto a la necesidad de riego, generalizando el siguiente programa

Primer riego de levantamiento 13 días después de la siembra, segundo riego de levantamiento el cual se realiza 35 días después de la siembra, tercer riego de realizado a los 55 días después de la siembra y el cuarto riego a los 75 después de la siembra, por lo que los riegos se presentan en una frecuencia de 20 días. El hecho, es que, no se encuentra delimitado los tipos de suelos para la determinación de un buen programa de suelos.

De acuerdo a los cálculos, se tiene un costo de Q. 472.84/ha regada, los cuales incluyen la renta de la maquinaria, costo diurno y nocturno de la mano de obra de un operador y tres ayudantes.

De acuerdo a los muestreos de agua de la pocetas de la finca Bolivia, según el método de Clasificación de aguas para riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, las aguas del manto freático tienen una clasificación C2S1 en la mayoría de los casos. Esto significa que poseen una salinidad media, sin peligro creciente de salinidad bajo condiciones de buena permeabilidad del suelo. (22)

El pH es considerado en valores moderadamente alcalino hasta fuertemente alcalino en algunos puntos de muestreo principalmente a las aguas provenientes del muestreo a inicios de la temporada lluviosa cuando los aniones y cationes de la solución del suelo son lavados por el agua de lluvia (muestreo 1, de agosto de 1994).

#### G. Fertilización mecanizada

Se utiliza para ésta labor una fertilizadora compuesta por dos tolvas y 2 juegos de 4 discos dentados para la incorporación del fertilizante al suelo. El objeto de la misma es aplicar fertilizante al cultivo y a la vez darle cultivo como una medida de control mecánico de malezas, ésta actividad se realiza a los 33 días después de la siembra.

La eficiencia de ésta labor es de 1.02 ha/hr tomando una eficiencia tiempo del 75 % a una velocidad de 4.8 km/hr cubriendo para ésta labor 3 m de ancho de trabajo. El fertilizante aplicado es sulfato de amonio (21 % de nitrógeno y 24 % de azufre), en dosis de 9 quintales por hectárea.

El costo de la actividad con una participación de 3 peones y un operador es de Q.442.84/ha en el cual se incluyen los costos por renta de la maquinaria e implemento así como de los insumos (fertilizantes).

#### H. Desbasurado manual y requema

Esta es la primera labor manual que se lleva a cabo en la tanto en renovación de partes como en mantenimiento de caña soca, y consiste en la acumulación de la basura post-cosecha y su quema con el propósito de facilitar las labores mecanizadas que se harán posteriormente. La basura se acumula a lo largo de una cama que queda entre dos surcos, repitiéndose el procedimiento cada cuatro surcos; para ésta labor, los peones utilizan "garabatos". El desbasurado se realiza 5 días después de la cosecha.

El costo de la actividad es de Q.8.32/ha el cual incluye el costo por mano de obra de caporal que dirige la actividad y los peones.

#### I. Escarificado

Esta labor se realiza en caña soca con el objeto de podar y a la vez eliminar el entrecruzamiento que se produce por las raíces entre los surcos para propiciar su regeneración y elevar la tasa de absorción de nutrientes por la planta. Esta actividad es mecanizada y emplea un implemento constituido por 6 puntas que se introducen al suelo (cultivadora). La eficiencia de esta labor es de 0.90 a 1 ha/hr con una eficiencia del 75 % del tiempo. La misma es realizada 10 después de realizada la cosecha.

El costo total de la actividad es de Q.88.45/ha lo cual incluye el costo de renta de la maquinaria e implemento así como el salario del operador.

#### 7.2.3. Análisis de la producción de caña de azúcar en la finca Bolivia

El análisis de la producción de caña de azúcar en la finca Bolivia, se basa en la recopilación de datos de rendimiento obtenidos en pantes o lotes característicos de cada una de las unidades de suelo determinadas, durante las zafras que datan de 1992 a 1997. De acuerdo a la figura 19, el análisis comparativo que puede establecerse entre las unidades de mapeo de suelo (capacidad de uso de la tierra USDA) y el nivel producción alcanzado tal como se muestra en forma puntual durante la zafra 92/93 los rendimientos muy claramente diferenciados; siendo los más altos, mayores de 110 toneladas de caña industrial/ha, provenientes de las unidades de suelo con capacidad potencial alto de la clase II, IIw y IIs, con limitaciones moderadas. Mientras que, los rendimientos observados inferiores a las 110 toneladas de caña/ha, provinieron de las unidades de suelo de clase IIse, III y IIIs, este comportamiento, pese a la fuerte disminución de la producción experimentado en todas las unidades de suelo durante la zafra 93/94, se mantiene (aunque que no en los niveles de producción observados en la primera etapa de la serie cronológica) en las siguientes zafras.

El análisis particular del comportamiento de los niveles de producción obtenidos en cada unidad de suelo a lo largo del período cronológico incluido en la figura 19, muestra altibajos en el rendimiento, principalmente debido al efectos de factores particulares y generales que ejercen variación sobre los niveles de producción. De esta forma; la figura 19, muestra una considerable disminución de la

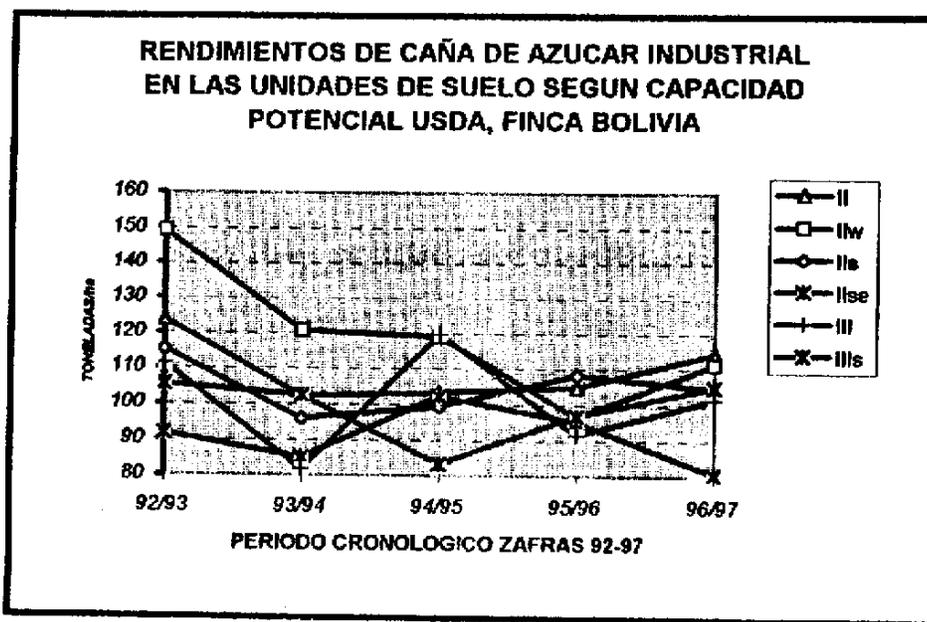


Figura 19. Análisis comparativo del Rendimiento de Caña de Azúcar Industrial durante el Período Cronológico zafras 92-97, finca Bolivia, Masagua, Escuintla.

producción de la zafra 93/94 en comparación a los obtenidos durante la zafra 92/93 y las zafras 93/97, esta disminución obedece a cambios climáticos durante 1,993, principalmente la precipitación que disminuyó de 1,640.73 mm promedio anual (figura 3. Climadiagrama) a 1,132 mm de lluvia cuantificada.

No obstante, sin realizar el análisis específico de los efectos diferenciales que influyen en el rendimiento entre las unidades de suelo, citables dentro de éstas las variedades cultivadas y su potencial productivo, edad de la plantación, edad de corte (cuadro 44A, de rendimientos de lotes característicos de las unidades de mapeo, variedades cultivadas, edad de plantación) y algunos aspectos de manejo diferencial; como el tiempo transcurrido desde la aplicación de madurante (Roundup o Fusilade) a la cosecha, la tendencia general de producción que manifiestan las unidades de suelo es apreciable, como se observa en la línea de producción de las unidades de suelos de la Clase II (capacidad de uso potencial, USDA, símbolo IIw), cuyo rendimiento se aprecia en la primera etapa de la figura 19, con rendimiento promedio alto equivalente 148 toneladas de caña industrial/ha el cual decreció hasta valores de 110 toneladas de caña industrial/ha en la zafra 96/97 mostrando un decremento desde la zafra 92/93 hasta 95/96 del 30 % de la producción el cual se estabiliza en un promedio de producción de 107 ton/ha que se mantiene hasta la zafra 96/97. Las unidades de suelo de la Clase II (símbolo II), experimenta un descenso de la producción de 123.8 toneladas de caña industrial/ha (zafra 92-93) a cercanamente 102 toneladas de caña industrial/ha (zafra 93/94, tendencia decreciente de 5%) y que fluctúa posteriormente entre las 102 a 105 ton de caña Industrial/ha de la zafras 95/96 a la 96/97. La unidad de suelo de la Clase IIIs particularmente presenta niveles productivos inferiores que los suelos de

rendimientos obtenidos durante las zafras del 92-97 se observan en razones variables con una tendencia decreciente del 13 %, manteniendo un rendimiento promedio de 105 toneladas de caña industrial/ha que se estabiliza en un valor promedio equivalente a 103 toneladas de caña industrial/ha. Las unidades de suelos de las clases IIse, III y IIs se observan valores fluctuantes de producción que básicamente se estabilizan en un rango de rendimientos variables entre las 90 a 95 toneladas de caña industrial/ha.

El análisis general de la producción total de la finca Bolivia, con base en el rendimiento promedio general de caña industrial/ha, como el que ofrece la figura 20. la producción muestra una tendencia decreciente de un 15 % de la zafra 92/93 a la zafra 94/95 y se estabiliza posteriormente en un rendimiento promedio de 100.96 toneladas de caña industrial/ha para las zafras 95 al 97.

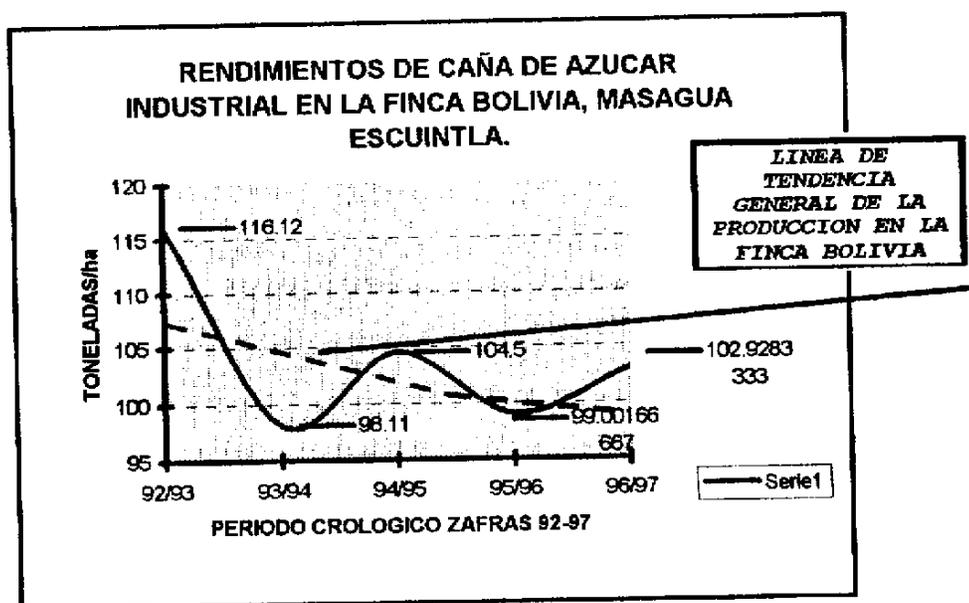


Figura 20. Estudio de la Tendencia General de la Producción en la Finca Bolivia, Masagua, Escuintla durante el Período Cronológico 92/97.

## 8. DISCUSION DE RESULTADOS

Con base en la clasificación taxonómica de los suelos de la finca Bolivia 1,297.83 ha corresponden al orden de suelos Molisoles (87.61 %), 52.74 ha a los Inceptisoles (3.56 %) y unas 130.47 ha a los Entisoles (8.81 %). Los suelos Molisoles del Sub-Grupo Vertic Hapludolls constituyen unas 243.28 ha, que básicamente se encuentran ubicadas las cabecera Norte de la subunidad productiva de Amazonas y de la cabecera Noreste al Sudeste de la subunidad de Palo Pinta y lo conforman suelos que han evolucionado a partir de arcillas resultantes de la alteración de materiales volcánicos y retransportados por acción de aguas pluviales y depositados por sedimentación durante los procesos recientes de inundación del río Naranjo.

El perfil esta bien desarrollado compuesto por una secuencia normal de horizonte (A,B,C), integrado por un epipedón mólico de textura arcillosa, estructura de bloques subangulares de tamaño medio y consistencia extremadamente dura cuando seco y un endopedón Cámbico (Bw) de un color gris pardoso de textura franco limosa con gran cantidad de poros que facultan el drenaje interno de agua ambos horizonte descansan sobre un horizonte compuesto por materiales fragmentales y arenas gruesas. Son suelos con alto contenido de materia orgánica, reacción neutra, alta capacidad de intercambio catiónico y alta saturación de bases (mayor 50%), con muy baja disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, deficientes en fósforo, micronutrientes y principalmente de potasio. Con base en el método de clasificación de tierras por su capacidad de uso potencial (USDA) los suelos corresponden a la Clase II, caracterizados por presentar características vertisoles (expansión y contracción de los materiales arcillosos del suelo) por pérdida de humedad en el suelo, proceso en el cual se forman grietas de más 1 cm de amplitud y más de 25 cm de profundidad, que para cultivos distintos a la caña de azúcar provocan mutilación del sistema radicular de las plantas afectando su desarrollo y capacidad de sostenibilidad, sin embargo, en el cultivo de la caña de azúcar este proceso del suelo juega un papel importante en la incorporación de materia orgánica al suelo proveniente de hojas secas que la caña de azúcar desprende y penetran al suelo a través de las grietas, así mismo la contracción de arcillas y formación de grietas provocan la poda de las raíces viejas preparándolas para una regeneración con una mayor capacidad de absorción de nutrientes y agua (proceso similar al escarificado).

En términos de producción estos suelos mantienen un nivel de rendimiento promedio alto, mayor de los 110 toneladas/ha, muy estable bajo el manejo actual (figura 19. Análisis comparativo de la producción de caña de azúcar en la finca Bolivia) con mayor potencial productivo que el observado.

El sub-grupo de suelos que corresponden a los Fluventic Hapludolls, se encuentran distribuidos en las terrazas antiguas, ubicadas cercanas a causas antiguos de formación de la planicie aluvial del río Naranjo en el que los procesos recientes de sedimentación de materiales, han dado lugar a la formación de la capa superficial del suelo que se asienta sobre arenas gruesas y finas. Estos suelos

constituyen unas 439.51 ha, compuestos por una secuencia normal de horizontes (A,B,C, o A, AC,C) constituidos por un epipedón mólico integrado por horizonte A (de carácter Ap disturbado por las labores del cultivo) de un espesor que varía de 20 a 35 cm, de color pardo grisáceo a gris oscuro con textura franca fina a franca gruesa y estructura granular media de grado de débil a suelto, consistencia friable en húmedo, regularmente poco plástico y poco adherente, un horizonte de transición AC o bien en Bw de alteración con un espesor que varía entre los 35 a 50 cm, de textura franca a franco arenosa con alto contenido de materiales arenosos dentro de la fracción de tierra fina de estructura suelta. El horizonte C que se presenta a una profundidad variable entre los 75 a 80 cm, arenoso compuesto hasta en un 92% de materiales arenosos y arenas en un 8% de limos mas arcillas.

Del Sub-Grupo Fluventic Hapludolls se diferencian las familias: la Fluventic Hapludolls francosa fina que constituye 73.40 ha ubicadas en la Sub-unidad productiva de Orinoco, con suelos de la Clase II (USDA) de alto potencial productivo y de rendimiento alto (mayor 108 toneladas de caña industrial/ha bajo condiciones del sistema de manejo prevaleciente).

Cuadro 38. Resumen de la clasificación taxonómica de los suelos de la finca Bolivia, Masagua, Escuintla.

| ORDEN        | SUBGRUPO                     | FAMILIA                                      | CLASIFICACION AGROLOGICA USDA | AREA (ha) | AREA % |
|--------------|------------------------------|--|-------------------------------|-----------|--------|
| MOLISOLES    | <i>Vertic Hapludolls</i>     | <i>Francosa fina</i>                         | II                            | 243.28    | 18.42  |
|              | <i>Fluventic Hapludolls</i>  | <i>Francosa fina</i>                         | II                            | 73.40     | 4.95   |
|              |                              | <i>Francosa</i>                              | IIw, IIs                      | 283.39    | 19.13  |
|              |                              | <i>Francosa gruesa</i>                       | IIse                          | 82.72     | 5.58   |
|              | <i>Typic Argialbolls</i>     | <i>Francosa fina</i>                         | II, III, IIIs                 | 217.00    | 14.65  |
|              |                              | <i>Francosa gruesa</i>                       | IIw, IIIs                     | 343.23    | 23.17  |
|              | <i>Eutropeptics Rendolls</i> | <i>Francosa gruesa</i>                       | IIIs                          | 54.97     | 3.71   |
| INCEPTISOLES | <i>Typic Fraglochrepts</i>   | <i>Francosa fina somera sobre fragmental</i> | V                             | 52.75     | 3.58   |
| ENTISOLES    | <i>Typic Ustipsaments</i>    | <i>Limosa gruesa sobre esqueleto arenosa</i> | IIs                           | 81.59     | 5.51   |
|              | <i>Typic Usthorients</i>     | <i>arenosa</i>                               | IV                            | 48.88     | 3.30   |

Los suelos Fluventic Hapludolls francosa que considera unas 283.39 ha, constituidos por suelos de la Clase II y subclase w y s, limitados por su poca profundidad (especialmente el Ap = 20 cm) y los suelos de la Clase IIw, con pendiente menor al 1% y limitado por exceso de humedad por lo menos de la estación lluviosa dificultando las labores de cultivo por el ingreso de maquinaria agrícola, esta unidad de suelo expresa un rendimiento promedio alto (más de 110 toneladas de caña Industrial/ha, según figura 19).

La familia Fluventic Hapludolls francosa gruesa que constituyen unas 82.72 ha ubicadas en la subunidad productiva de Río Plata son suelos que corresponden a la Clase IIse limitados por un horizonte superficial (Ap) poco profundo y recientemente influenciado por procesos erosivos de corrientes de

inundaciones del río Naranjo con pérdida de materiales finos del suelo, materia orgánica, mostrando remanentes de materiales gruesos sobre la superficie del suelo. Actualmente esta unidad del suelo manifiesta a través del análisis de la producción un nivel de rendimiento bajo (menor de 95 toneladas de caña industrial/ha).

Los Molisoles del Sub-Grupo Typic Argialbolls, típicos de las Terrazas Antiguas; cuyos procesos evolutivos (hidrólisis y/o oxidación, procesos de iluviación de los materiales del suelo) y el manejo actual al que se han sometido los suelos son los responsables de sus características sobresalientes. Estos suelos muestran una secuencia de horizontes A,B,C. Donde el horizonte A es un epipedón Mólico del tipo Ap (disturbado por labores del cultivo), gris oscuro, con una profundidad que varía de los 18 a 25 cm, textura franca, franca fina, francosa gruesa con estructura granular fina de grado débil, laminar fina de grado débil o suelta, consistencia poco plástica y poco adhesiva, y un horizonte A1 o un horizonte de transición AB o un B<sub>1</sub> Albico (pardo grisáceo) de textura franca arenosa (más del 50% de arenas, un espesor de 20 a 30 cm que muestra efectos de procesos de eluviación de materiales arcillosos, seguido de un horizonte B<sub>wTC</sub>, de un espesor que varía de 25 a 30 cm, Argílico compuesto de arcillas, transportadas del horizonte A1 y AB o B<sub>1</sub> así como arcillas de formación in-situ y liberación de óxidos de manganeso por procesos de oxidación de los materiales originales en contacto con el nivel freático que producen concreciones resistentes a la desintegración por presión entre los dedos, cuyo límite inferior lo constituye el horizonte C compuesto por materiales arenosos componentes principales de la fracción de tierra fina (menores de 2 mm) y componentes fragmentales esqueléticos (menos del 5%). La reacción química de éstos suelos se manifiesta ligeramente alcalina a extremadamente alcalina.

Los suelos del sub-grupo Typic Argialbolls se encuentran diferenciados en dos familias: La Typic Argialbolls francosa fina que constituyen unas 217 ha, que incluyen suelos de las Clases de Capacidad de uso II, III, IIIs, y se encuentran distribuidos principalmente en las sub-unidades productivas de Iguazú, Palo Pinta y Río Plata en áreas circundantes lejanas a los antiguos causes de inundación del Naranjo. Como lo determina el potencial productivo, de acuerdo al manejo tecnológico actual producen en promedio de 90-95 toneladas de caña industrial/ha. Los suelos de la familia Typic Argialbolls francosa gruesa, presentan estructura superficial suelta, constituyen unas 343.23 ha y la componen suelos de las Clases IIw y IIIs (USDA), donde los suelos de capacidad potencial IIw presentan un rendimiento muy variable pero en general un promedio de producción de 105 toneladas de caña industrial/ha. Mientras que los suelos de la Clase IIIs manifiesta rendimientos muy variables de promedio bajo, regularmente de 90-94 ton/ha (ver figura 19).

Los Molisoles del Sub-Grupo Eutropeptics Rendolls francosa gruesa que constituyen un área de 54.97 ha con un perfil característico del tipo Ap, B, C<sub>1</sub>, B<sub>2ts</sub> y C<sub>2</sub>. El Horizonte Ap, pardo grisáceo oscuro y un espesor de 20 cm, textura franca arcillosa, consistencia dura y masiva en seco, muy plástica y adhesiva, estructura granular media, presenta digitaciones con el horizonte Bw de una Longitud de 10 a

15 cm. El horizonte B de alteración, presenta una textura franca arenosa en cuyo límite inferior (60 cm de profundidad) se encuentra el horizonte C<sub>1</sub> compuesto por fragmentos de rocas en una proporción mayor del 15 % de diámetro hasta de 3 cm. Entre el horizonte C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, se encuentra un horizonte argílico compuesto por arcilla y limos iluviales que se mezclan con los materiales gruesos (arenas y cenizas volcánicas), con un espesor de 30 cm. Químicamente son suelos de reacción neutra superficialmente, que cambia a ligeramente alcalina a una profundidad de 60 cm. Presentan una alta capacidad de intercambio catiónico con alta saturación de bases intercambiables, baja disponibilidad de fósforo y potasio en todo el perfil. A excepción del cobre, los micronutrientes del suelo (manganeso, hierro y zinc) se encuentran en niveles adecuados de disponibilidad. Los suelos Eutropeptics Rendolls franco gruesa se distribuyen principalmente en la subunidad productiva de Río Plata y corresponden a la Clase III<sub>s</sub> de uso potencial del suelo (USDA). El análisis de la producción de estos suelos bajo el sistema de manejo tecnológico actual muestran rendimiento promedio bajo de 96 toneladas de caña industrial/ ha.

Los suelos del orden Inceptisol, Typic Fragiochrepts, constituyen 52.75 ha, caracterizados por un régimen de humedad ústico, presentan un epipedón Ocrico de 25 cm de espesor, de carácter masivo y compacto, muy poco permeable, debajo del cual se localiza un horizonte fragipan con alto contenido de materiales limosos unidos a partículas de arena y poros, pulverizable, con sensación a cemento cuando seco. Son suelos que corresponden a la Clase V de capacidad de uso, aptos para bosque y vida silvestre, cuyos procesos de recuperación y uso en cultivos anuales y semiperennes resulta antieconómico por los altos volúmenes de tierra con características deseables que deben ser agregados al suelo para formar un horizonte cultivable.

El orden Entisoles a los que pertenecen el 8.81 % de los suelos de la finca Bolivia, constituyen áreas de causas antiguos de inundación de los procesos de formación de la planicie aluvial del río Naranjo. Los suelos del Sub-Grupo Typic Ustipsaments francosa constituyen un cause antiguo que se ubica en la subunidad productiva de Amazonas con una extensión de 81.59 ha, las cuales han sido influenciadas por inundaciones recientes del río Naranjo depositando sedimentos de materiales finos (limos, arcillas y lahares) que dieron lugar a la formación del horizonte Ap con un espesor de 30 cm debajo del cual se observa un horizonte de transición AC en cuyo límite inferior se encuentran materiales fragmentales que caracterizan al horizonte C el cual se manifiesta completamente a una profundidad de 60 cm. Los suelos tienden a perder su humedad durante la estación seca por lo que la caña de azúcar manifiesta deshidratación completa del sistema foliar diferenciándose claramente de otras áreas circunvecinas, así mismo, la regeneración de la caña soca se ve disminuida por la falta de humedad en el suelo recuperándose la plantación al existir suficiente humedad en el suelo logrando un rendimiento promedio alto equivalente a 110 toneladas de caña industrial/ha como se muestra en la figura 19 del análisis de rendimientos.

Los suelos del Sub-Grupo Typic Usthorvents, constituyen 48.88 ha y se diferencian de los suelos T. Ustipsaments por la carencia de un horizonte A en cuyo caso se encuentra un horizonte superficial del tipo AC, textura franca predominantemente arenoso, suelto con un espesor de 24 cm que descansa sobre aluviones fragmentales de composición diversa (guijarros, rocas de canto rodado, arenas y cenizas volcánicas) que componen el horizonte C. Superficialmente la reacción del suelo es neutra con alta concentración de bases intercambiables de calcio y magnesio. El horizonte C se caracteriza por una reacción extremadamente alcalina, baja capacidad de intercambio catiónico y muy baja concentración de elementos disponibles (fósforo, potasio, cobre y zinc), excepto de hierro y manganeso cuya concentración en el suelo es adecuada. Estos suelos corresponden a la Clase IV de capacidad de uso (USDA) cuya aptitud es para bosques o vida silvestre y bajo condiciones especiales de manejo algunos cultivos de temporada durante época lluviosa bajo condiciones de fuerte adición de fertilizaciones y obtención de cosechas de muy bajo rendimiento como se observa en la ilustración comparativa entre suelos del Sub-Grupo Typic Usthorvents y Typic Argialbolls que se ubican en la subunidad productiva de Orinoco y constituye la cabecera de la unidad fisiográfica de los causes antiguos de inundación del río Naranjo en Orinoco e Iguazú actualmente cultivada y los suelos que se ubican en el extremo sur de la unidad en los cuales no presentan capacidad para el desarrollo de cultivos (ver figura 21).

En lo que al uso actual de los suelos se refiere, el área cultivada con caña de azúcar corresponde a unas 1345.38 ha de los suelos que componen la finca Bolivia, de los cuales una 16 % corresponden a los suelos de la clase II (243.28 ha) cuyos características físicas determinan una mejor respuesta al manejo actual de los suelos en el que las labores mecanizadas para la preparación de los suelos como la destrucción mecanizada de la cepa de la plantación antigua, aradura, desterronado y mullido del suelo (2 pasos de rastra), surqueo-fertilización simultánea (descritos en la sección 6.2.2.), deben realizarse cuando el contenido de humedad de los suelos sea por lo menos cercana a un 30 % (la capacidad de campo del horizonte superficial de los éstos suelos se presenta a un 37 %) los cuales al encontrarse bajo condiciones secas (inferiores al punto de marchitez permanente) el suelo se contrae dando lugar a la formación de bloques agrietados hasta de dimensiones de 30 cm por 30 cm, de una consistencia extremadamente dura con lo que la efectividad de las labores mecanizadas disminuye hasta en un 30 % (11), del mismo modo; al encontrarse el suelo bajo condiciones de humedad superior a la capacidad de campo (suelo mojado), el suelo es muy adherente y plástico adhiriéndose al equipo de mecanización y produciendo el amasamiento de los suelos, afectando la calidad de preparación de los suelos lo cual afecta directamente el desarrollo adecuado del cultivo y pérdida de las propiedades físicas de los suelos esencialmente de la estructura del suelo y disminución de la efectividad de la labor.

Los suelos de los grupos Fluventic Hapludolls y Eutropeptics Rendolls caracterizados por un horizonte superficial delgado, de 24 a 30 cm de espesor el cual descansa sobre un horizonte transicional AC o B de alteración poco desarrollado de textura franca predominantemente arenoso la secuencia de

labores mecanizadas mencionadas anteriormente no se adaptan a éstos suelos, principalmente el volteo de los suelos el cual se realiza con arado a una profundidad de 30 a 35 cm, profundidad a la cual se hace contacto y se remueven materiales del subsuelo, que presenta una textura arenosa propiciando que éstos materiales se mezclen con materiales de tierra fina del suelo desarrollado, provocando cambios texturales y afectando la agregación del suelo superficial facultando suelos de estructura suelta o compactos y masivos de muy lenta permeabilidad o muy susceptibles a los procesos de erosión eólica. De ésta manera, la preparación de los suelos para renovaciones, se recomienda el doble paso de rastra pesada (cuya profundidad de acción alcanza hasta los primeros 20 cm superficiales), surqueo simple sin fertilización fosforada, que es aplicado al fondo del surco (a unos 30 cm de la superficie del suelo) directamente sobre el horizonte subsuperficial arenoso el cual al disolverse con el agua de riego de germinación o humedad remanente del suelo queda disponible en la solución del suelo que por ausencia de raíces con capacidad de absorción de nutrientes, no es aprovechado y se produce la reacción del fósforo ( $H_2PO_4$ ) con el Calcio intercambiable del suelo (concentración de 14-20 Cmoles/Kg en todas las unidades de mapeo descritas), formando Fosfatos de calcio de carácter poco soluble, de fácil precipitación, el cual puede perderse por lavado en el suelo.

Los suelos Typic Argialbolls, constituyen suelos muy mineralizados, con un contenido muy bajo de materiales orgánicos por lo que superficialmente muestran una estructura granular muy fina, laminar a suelta con permeabilidad muy lenta, considerando la secuencia actual de labores mecanizadas para la preparación de los suelos; excesiva, adaptándose al igual que los suelos Fluventic Hapludolls y Eutropeptics Rendolls, el paso de rastra con el objeto de romper las capas compactas producto del paso de maquinaria y equipo durante las labores de cosecha.

Los suelos Typic Ustipsaments francosa cuyo horizonte superficial es de tipo AC de textura Arenosa cuyas características manifiestan una poca aptitud a las labores mecanizadas de preparación de suelos, resulta adecuado los procesos de renovación de plantaciones mediante labranza mínima, a través de la destrucción de cepa de la plantación anterior por medios químicos y surqueo entre los surcos de la plantación anterior evitando la remoción y mezcla de materiales superficiales con subsuperficiales.

En las labores de mantenimiento de caña soca, merece gran importancia el manejo adecuado de los residuos de cosecha, el cual, bajo condiciones del manejo actual de los mismos ha sido mediante la recolección y quemado de los mismos, en contraste con los niveles de materia orgánica que muestran los suelos de la finca Bolivia, solo los suelos del sub-grupo Vertic Hapludolls a través de los procesos físicos de contracción y expansión de arcillas al existir cambios de humedad en el suelo forman grietas a través de las cuales los materiales orgánicos penetran al suelo y son incorporados al mismo manteniendo de esta manera sus niveles de materia orgánica (mayores del 3%).

En la mayoría de suelos cultivados, alrededor de unas 1,063 ha que constituyen un 71.81 % del área de la finca Bolivia, manifiestan niveles bajos de materia orgánica que varían de 1.0 al 2.0 % pero

principalmente en los suelos del Sub-Grupo Typic Argialbolls en los que los procesos de mineralización del suelo son evidentes, presentando suelos superficiales dispersos o bien fina o débilmente estructurados, con una muy baja permeabilidad que en múltiples ocasiones provoca la formación de espejos de agua sobre el suelos o escurrimiento superficial muy lento que da lugar a la formación de capas con materiales estructurados en forma laminar. La necesidad de la recolección de los restos de cosecha e incorporación al suelo es aun más alta en los suelos de muy poca profundidad (Fluventic Hapludolls) y esencialmente aquellos en los que no presentan un suelo superficial bien desarrollado (Typic Ustipsaments y Typic Usthortents).

La requema de los restos de cosecha interrumpe los procesos de incorporación de materia orgánica al suelo pudiéndose encontrar valores de contenidos de materia orgánica menores de 2.5 %, además ejerce efectos negativos en los suelos como: Calentamiento elevado que sobrepasan los límites biológicos de temperatura del suelo, esterilización parcial de la superficie del suelo, afecta el mantillo, lo destruye en parte y disturba diversas propiedades del suelo, especialmente a los contenidos en elementos nutritivos y a los microorganismos (11), lo cual es apreciable después de los procesos de requema, cuyos efectos inmediatos es la alta disponibilidad pero no permanente de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso de la materia orgánica tal como lo muestra el cuadro 39; de resultados del análisis de una muestra de suelo calcinada (ladrillo) de un surco de apilamiento y requema de los restos de cosecha.

**Cuadro 39. Análisis químico de rutina de una muestra de suelo calcinado proveniente de un surco de requema de los restos de cosecha de la finca Bolivia.**

| Mg/ml |     | Meq/100 ml |      | Ppm |     |     |    |
|-------|-----|------------|------|-----|-----|-----|----|
| P     | K   | Ca         | Mg   | Cu  | Zn  | Fe  | Mn |
| 23.89 | 705 | 23.08      | 4.52 | 0   | 6.5 | 3.5 | 62 |

El análisis de la fertilidad de los suelos de la Finca Bolivia en su mayoría (91.54 %) no presentan factores limitantes de carácter fuerte que restrinjan su aprovechamiento en forma selectiva de cultivos y en particular el cultivo de la caña de azúcar en el que los efectos diferenciales en las clases de capacidad de uso potencial de uso de la tierra se observan son los niveles de producción obtenidos (figuras 19 y 21) y un 8.46 % de los suelos (Typic Usthortents y Typic Hapludolls) que por sus propiedades físicas y químicas no ofrecen las condiciones adecuadas para cultivos anuales o semiperennes y si manejados, con bosques o vida silvestre.

Químicamente, en la mayoría de suelos de la finca Bolivia, la reacción superficial en la zona de mayor desarrollo radicular del cultivo, se presenta de neutra a ligeramente alcalina y extremadamente alcalina en las terrazas antiguas de sedimentos gruesos de Amazonas (Typic Ustipsaments).



Figura 21. Diferencias en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar de 7 meses de edad entre suelos *Typic Usthorvents arenosa* (Clase IV USDA) y *Typic Argialbolls* (Clase II).

La capacidad de intercambio catiónico de los suelos varía de 30 a 70 Cmol/kg y saturación de bases predominantemente alta en calcio y magnesio, muy baja concentración potasio intercambiable en el coloide mineral. La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo es baja en los suelos cultivados, mostrando deficiencias de fósforo, potasio y cobre. Los niveles de concentración adecuados en el horizonte superficial cuyos niveles descienden con la profundidad del suelo, la concentración de hierro disponible es bajo en el horizonte superficial el se incrementa con la profundidad del suelo hasta el horizonte C, mientras que la concentración de zinc disponible en la solución del suelo de todo el perfil observado de los suelos de la finca Bolivia se manifiestan adecuados (según criterios de niveles críticos para la evaluación de la fertilidad de los suelos).

El cuadro 40, presenta datos de requerimientos estimados de nutrientes en el cultivo de la caña de azúcar para la producción de 100 toneladas de caña industrial/ha, en contraste a los niveles de nutrientes disponibles en el suelo, cuyo reporte corresponde a los suelos de la unidad fisiográfica de las terrazas sub-recientes de inundación del río Naranjo en Amazonas, *Vertic Hapludolls francosa fina*, Clase II (USDA), cuyo potencial productivo es alto en comparación a los demás suelos determinados en la finca Bolivia. Es este análisis comparativo entre los requerimientos del cultivo y los niveles de nutrientes en el suelo; el requerimiento de nitrógeno es 153 kg asumiendo, por la inestabilidad y dinámica del mismo en el suelo los niveles de disponibilidad de cero, se observa un déficit de 89.35 kg de  $P_2O_5$ , que de acuerdo los niveles críticos de evaluación de fertilidad del suelo este se encuentra en niveles deficientes con una capacidad de aporte al cultivo de 8.65 kg/ha. El potasio disponible en la solución del suelo e intercambiable constituyen alrededor de 267.95 kg existiendo un déficit de 74.05 kg. Los elementos menores como el calcio y magnesio intercambiable se encuentran en niveles altos de concentración sin ejercer un efecto nocivo en la reacción del suelo. Los micronutrientes disponibles en la solución del suelo,

como el cobre y hierro los cuales se encuentran en concentraciones deficientes en el suelo superficial y cuya disponibilidad aumenta a medida que se profundiza en el perfil y se hace contacto con los materiales originales del suelo (el horizonte C), los niveles de disponibilidad de manganeso y zinc en el horizonte superficial son adecuadas a los requerimientos del cultivo.

Con base en el manejo actual de los fertilizantes, la fertilización que se realiza a los 33 días después de la siembra en actividades de renovación del cultivo o 35 días después de la zafra (caña soca), en la que se aplica sulfato de amonio (21% nitrógeno, 24 % de azufre) en dosis de 409.05 kg/ha (9 quintales/ha) con lo cual se realiza un aporte de 85.90 kg/ha de nitrógeno que satisface en un 56 % los requerimientos de nitrógeno del cultivo existiendo un déficit de 67.1 kg de nitrógeno, a la vez se realiza un aporte de 98.172 kg de azufre/ha en comparación con los 43 kg/ha de azufre requeridos por el cultivo, se observa un aporte excesivo de azufre en el suelo de 129 % más del requerimiento, el cual; alguna parte, podría utilizarse por el cultivo en rendimientos mayores a las 100 toneladas de caña industrial/ha, otra parte reducirse y formar sulfitos que son liberados a la atmósfera, o bien formar sulfatos cálcicos de baja solubilidad que sufren precipitación y lavado en el suelo. El caso de la fertilización fosforada es de hacer notar que esta se realiza a cada 5 años (en el momento del surqueo) aportando 125 kg/ha observándose en las siguientes zafras un déficit de 99,35 kg de fósforo en su forma  $P_2O_5$ /ha, así como un déficit en los requerimientos de boro, cobre y hierro (ver cuadro 40).

En lo que a métodos y tiempo de fertilización se refiere, la fertilización fosforada, la cual se realiza únicamente en el primer año en el que se hace la siembra de renovación de la plantación; el método y tiempo de realización no coincide con los requerimientos reales y capacidad de absorción de nutrientes por la plantación, principalmente porque el triple fosfato (fuente de fósforo), es un fertilizante de disolución rápida que al entrar en contacto con la humedad del suelo (residual del suelo, de lluvia o bien del riego de germinación que se realiza el mismo día de siembra) forma ácido fosfórico de propiedades poco estables en el suelo que puede ser fijado por el coloide del suelo (orgánico, mineral), ser absorbido por el sistema radicular del cultivo (que en renovaciones este es apto a los 30 días) o bien formar sales sustituidas con los iones de calcio intercambiable que en la mayoría de suelos de la finca Bolivia presenta niveles de calcio intercambiable alto, dando lugar a la formación fosfatos de calcio de baja solubilidad que se pierden por lixiviación en el suelo; facultado por la textura predominantemente arenosa del subsuelo como el horizonte Albico de los suelos Typic Argialbolls, transición o directamente horizonte C de los suelos Fluventic Hapludolls y Typic Ustipsaments. La relación Fósforo-Planta es altamente importante principalmente porque el fósforo forma parte de proteínas, participa en los procesos de síntesis y transporte de energía del lugar de producción a almacenamiento o consumo, de esa manera los requerimientos de fósforo son constantes durante el ciclo de producción. Los suelo y el cultivo, por sus características requieren de una fuente de fósforo de disolución lenta y constante como la roca fosfórica.

**Cuadro 40. Comparación del Aporte de Nutrientes del Suelo, Fertilización Tradicional y Requerimiento Estimado de Nutrientes en kg/ha para la producción de 100 toneladas de caña industrial/ha.**

| NUTRIENTES                                       | N     | P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO     | Mg     | S      | B*  | Cu* | Fe*  | Mn*  | Zn*  |
|--|-------|-------------------------------|------------------|---------|--------|--------|-----|-----|------|------|------|
| <b>Requerimientos Estimados Kg/ha**</b>          | 153   | 98                            | 342              | 161     | 72     | 43     | 200 | 200 | 1500 | 1000 | 400  |
| <b>Aporte del Suelo Kg/ha.</b>                   | 0     | 8.65                          | 285.95           | 11940.8 | 2842.5 | 0      | 0   | 0   | 0    | 5200 | 5200 |
| <b>Déficit de Nutrientes (kg/ha)</b>             | 153   | 89.35                         | 76.05            | —       | —      | 43     | 200 | 200 | 1500 | —    | —    |
| <b>Aporte del Manejo Actual de Fertilizantes</b> | 85.90 | 125.44                        | 0                | 0       | 0      | 98.172 | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    |
| <b>Déficit de Manejo</b>                         | 67.1  | +38.09                        | 76.05            | 0       | 0      | +55.72 | 200 | 200 | 1500 | 0    | 0    |

\* Nutrientes expresados en gramos/ha.

\*\* Requerimiento Estimados de Nutrientes para la Producción de 100 toneladas de Caña Industrial/ha.

La fertilización mecánica que se realiza a los 56 días después de la siembra en renovaciones o bien a los 36 días en mantenimiento de caña soca, como se observa en el cuadro 35, el requerimiento de nutrientes del cultivo no es aplicado; tanto los nutrientes como las dosis requeridas.

De acuerdo con el cuadro 40, los requerimientos de nutrientes del cultivo en contraste a los niveles de concentración de nutrientes en el suelo y el aporte del manejo actual se observa un déficit de nutrientes de 67.1 kg de nitrógeno, una elevada cantidad de fósforo en el período en el que no se tiene aprovechamiento del mismo, existe un déficit de 76.05 kg de K<sub>2</sub>O, requerimiento de 200 gramos de Boro, 200 gramos de Cobre, un déficit de 1,500 gramos de Hierro.

En aspectos de riego, con base en las propiedades físicas de los suelos en cuanto a su capacidad de retención de humedad, al desarrollo de potencial del sistema radicular del cultivo de caña de azúcar, sus requerimientos de humedad y el equipo de riego disponible de la finca, se determinaron los requerimientos de riego, tiempo y frecuencias de riego para el cultivo de caña de azúcar tanto para el levantado de caña soca como para renovaciones durante la estación seca bajo la asunción que la precipitación es nula y la evapotranspiración media en ésta etapa del ciclo del cultivo (cuadro 41).

Las láminas de humedad del suelo de las diferentes unidades de mapeo de suelos puede variar en relación al primer riego de acuerdo al contenido de humedad presente en el suelo o bien tomando en cuenta los valores de lluvia efectiva durante los meses críticos de humedad del suelo de la estación seca que pueden ser recalculados mediante lo datos del cuadro 42, en base a la lluvia efectiva.

Cuadro 41. Requerimiento de Riego de los Suelos de la Finca Bolivia de Acuerdo a la Clasificación Taxonómica.

| ORDEN                 | SUBGRUPO             | FAMILIA               | CONDICIONES DE PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (mm) y (horas.min) |       |      | RIEGO COMPLEMENTARIO BAJO 65 % DE DPM* (mm) |       |      | FR** |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|---|-------|------|---|-------|------|------|
|                       |                      |                       | LN  | LB    | TR   | LN  | LB    | TR   |      |
|                       |                      |                       |   |       |      |   |       |      |      |
| MOLISOLES             | Vertic Hapludolls    | Francosa fina         | 90  | 120   | 3    | 58.5  | 78    | 2    | 12   |
|                       | Fluventic Hapludolls | Francosa              | 114.7   | 153.0 | 3.45 | 74.5  | 99.3  | 2.2  | 16   |
|                       |                      | f. fina               | 105.1   | 140.2 | 3.3  | 68.3  | 91.0  | 2.15 | 15   |
|                       |                      | f. gruesa             | 93.5  | 124.7 | 3    | 60.8  | 81    | 2    | 15   |
|                       |                      | PP                    | 104.4   | 139.2 | 3.25 | 67.8  | 90.0  | 2.15 | 15   |
|                       | Typic Argialbolls    | Francosa fina (II)    | 113.7   | 151.6 | 3.40 | 73.8  | 98.6  | 2.30 | 16   |
|                       |                      | Francosa fina (III)   | 120   | 160   | 4.00 | 90.3  | 130.5 | 3    | 17   |
|                       |                      | Francosa fina (IIIs)  | 78.3  | 104.4 | 2.30 | 50.7  | 67.7  | 1.40 | 11   |
|                       |                      | Francosa gruesa (IIw) | 115.7   | 164.3 | 3.45 | 74.8  | 99.8  | 2.30 | 16   |
|                       |                      | f. gruesa (IIIs)      | 123.3   | 166.5 | 4    | 80.7  | 107.8 | 2.40 | 17   |
|                       |                      | PM                    | 118.1   | 157.5 | 3.50 | 76.7  | 102.3 | 2.30 | 17   |
| Eutropeptics Rendolls | f. gruesa (IIIs)     | 128                   | 170.7   | 4.21  | 83.1 | 110.9                                       | 2.40  | 18   |      |
| ENTISOL               | Typic Ustipsaments   | Franca (IIs)          | 66  | 88    | 2.15 | 49  | 52.1  | 1.10 | 10   |

DPM= Déficit de Manejo Permitido, LN= Lámina Neta, LB= Lámina Bruta, Tr= Tiempo de Riego en horas y minutos (3.45= 3 horas con 45 minutos, FR= Frecuencia de Riego (días).

Del Cuadro 41, los suelos Vertic Hapludolls bajo condiciones de baja humedad, el requerimiento de riego es de una lámina bruta de 120 mm (LN=90 mm), para un tiempo de riego de 3 horas y una frecuencia 12 días y requerimiento de una lámina bruta de riego complementario de 78 mm (LN=58.5 mm) mediante un abatimiento de la humedad disponible del 65 % (Déficit de Manejo Permitido) y un tiempo de riego de 2 horas.

Los suelos del Sub-Grupo Fluventic Hapludolls presentan en promedio un requerimiento de riego inicial bajo condiciones de punto de marchitez permanente de una lámina bruta de riego de 139.2 mm para un tiempo de riego de 3 horas con 25 minutos y una lámina bruta de riego complementario de 90 mm y tiempo de riego de 2 horas en intervalos de riegos de 15 días.

Los suelos del Sub-Grupo Typic Argialbolls y Eutropeptics Rendolls requieren de una lámina bruta de riego inicial bajo condiciones de punto de marchitez permanente de 157.5 mm para un tiempo de riego de 2 horas con 30 minutos y una frecuencia de riego de 17 días.

Cuadro 42. Determinación de Lluvia Efectiva de la Finca Bolivia, por Blaney y Cridley (19).

|  | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo   | Junio  | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--|-------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| <b>Precipitación<br/>Media Mensual</b>             | 3.4   | 3.41    | 0.90  | 67.50 | 211.64 | 318.77 | 178.4 | 284.78 | 263.38     | 203.80  | 53.52     | 23.60     |
| <b>Uso Consumtivo<br/>de la Ceba de<br/>Azúcar</b> | 150   | 123     | 138   | 153   | 135    | 135    | 141   | 84     | 84         | 144     | 135       | 135       |
| <b>Precipitación<br/>Efectiva</b>                  | 3.23  | 3.26    | 0.86  | 60.19 | 135.58 | 108.9  | 101.9 | 102.24 | 106.16     | 103.19  | 49.136    | 21.95     |

Nota: Las dimensionales de los datos se presentan en mm

\* Meses Asurados corresponden al período de muy bajo aporte de humedad por lluvia correspondiente a de la estación seca.

Los anteriores constituyen básicamente, los requerimientos de riego en las unidades principales de suelo esencialmente por el área que éstas ocupan. Como pueden determinarse en el manejo tecnológico, de acuerdo a la secuencia de labores del cultivo, el intervalo de riego en la plantación es de aproximadamente 26 días a un mes considerados riegos de auxilio, en el que se evita que el cultivo lleve por abatimiento de la humedad del suelo al punto de marchitez permanente.

Las fuentes de abastecimiento de agua para riegos lo constituye en alguna parte, el río Naranjo que por razones de consumo de agua para riego aguas arriba, el caudal en período de estiaje resulta insuficiente para satisfacer la demanda de agua de riego de la finca Bolivia.

El estudio de niveles freáticos, mediante figuras 25-28: Mapas de Isobatas e isohipsas; que corresponden a tanto a la estación lluviosa como estación seca, muestran como zona de recarga las corrientes subterráneas provenientes de la zona alta de la formación de la llanura aluvial del río Naranjo, el cual recorre la cabecera Nordeste a Sudeste donde las variaciones de profundidad del nivel freático se debe a los materiales que compone el subsuelo. De igual manera, el área de descarga dentro de la superficie bajo estudio corresponde a los causes antiguos de inundación que penetran a la finca Bolivia en Orinoco y Amazonas en cuya parte distal forma el zanjón Las Malicias, principal área de descarga. El aprovechamiento del agua subterránea es adecuado mediante la construcción de estructuras de captación (pocetas) con intercepción de las corrientes subterráneas antes mencionadas (áreas de descarga).

De los planos de isobatas (figuras 27 y 28), correspondientes al período de mayor precipitación; muestra los niveles freático más someros que se encuentran a una profundidad que varía de 1.0 a 1.25 m, las que corresponden principalmente a las terrazas antiguas del río Naranjo en la subunidad productiva de Amazonas que conforman el Pedón P-04 y la parte distal al Sur de las terrazas antiguas de la planicie baja de Río Plata que componen el pedón P-08, con base a lo cual, se define como

las áreas que presentan problema de exceso de humedad en algún período (ocurre en estación lluviosa) no debiéndose a inundación del suelo por elevación del nivel freático sino más bien a la baja velocidad de infiltración del sustrato y a la baja capacidad de evacuación del exceso de humedad cuando el suelo se encuentra sobresaturado favorecido por la poca pendiente del terreno dando lugar a la formación de espejos de agua sobre la superficie cultivada. En otro caso del estudio del mapa de isobatas durante el período de marzo-abril (estación seca) muestra el rango máximo de la profundidad del nivel freático mayor de 2 metros cuyas lecturas máximas fueron de 2.05 m los cuales corresponde a puntos cercanos al área de descarga a través de la cual se determina la capacidad de uso del agua subterránea para suplir los requerimientos de agua para riego mediante la intercepción y almacenamiento a través de pocetas como las que actualmente se encuentran construidas dentro de la finca Bolivia (ver figura 24, mapa de uso actual de la tierra) y cuya calidad faculta su uso para riego, presentando aguas de la clase  $C_2S_1$  aguas de salinidad media con potencial de uso bajo condiciones de lavado moderado de sales sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, así como su contenido de sodio en solución es baja, utilizable para fines de riego en la mayoría de suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable (cuadro 37, del análisis de la calidad de agua de muestras provenientes de los reservorios (pocetas) de la finca Bolivia).

## 9. CONCLUSIONES

### 9.1. DE LA TAXONOMÍA DE LOS SUELOS

Los suelos de la finca Bolivia se han originado de sedimentos aluviales del río Naranjo en los procesos de formación de la planicie aluvial que se han diferenciado por la dinámica de deposición de los materiales en suspensión y los procesos recientes de desbordamiento, deposición de materiales arcillosos, limosos y laháricos del río Naranjo y procesos de hidrólisis y oxidación de los materiales originales en la formación de arcillas in-situ; por lo que taxonómicamente los suelos de la finca Bolivia, estos se encuentran agrupados en 3 Ordenes: Molisoles, del Sub-Grupo Fluventic Hapludolls de la familia francosa fina con 73.40 ha, familia francosa con 283.39 ha, familia francosa gruesa con 82.73 ha; Sub-Grupo Typic Argialbolls de la familia francosa fina con 217 ha, familia francosa gruesa con 343.23 ha; Sub-Grupo Vertic Hapludolls familia francosa fina con 243.28 ha y el Sub-Grupo Eutropeptics Rendolls francosa gruesa con 54.97 ha, Inceptisoles del Sub-Grupo Typic Fragiochrepts francosa fina somera sobre fragmental con 58.18 ha, Entisoles: del Sub-Grupo Typic Ustipsaments de la familia limosa sobre esquelético arenosa con 81.59 ha, Typic Usthoronts arenosa con 48.88 ha.

### 9.2. DE LA CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA

De acuerdo al método USDA de clasificación de la tierra con base en su capacidad potencial, los suelos de la finca Bolivia se agrupan en: Tierras Cultivables con ligeras limitaciones a fuertes limitaciones, que permiten su uso mediante el alto consumo de fertilizantes y frecuentes riegos que componen el 93.14 % del área total que componen la finca Bolivia (1379.75 ha) y un 6.86 % del área (107.06 ha) cuya capacidad corresponden a tierras con muy fuertes limitaciones restringiendo su uso para cultivos permanentes de desarrollo radicular profundo como frutales, bosque o bien vida silvestre. El área cultivable de la finca Bolivia la constituyen; 464.74 ha (31.36 %) las cuales corresponden a la Clase II de capacidad potencial, que son suelos aptos para la agricultura intensiva y alto potencial productivo en el cultivo de la caña de azúcar. Suelos de la Clase II subclase "w" que comprenden 400.88 ha (27.07%), suelos con pendiente menor al 1 % que manifiestan una permeabilidad lenta facultando la formación de espejos de agua sobre la superficie del suelo que dificulta labores mecanizadas mientras permanece su condición de exceso de humedad.

Los suelos de la Clase II Subclase "s" a los cuales corresponden unas 149.7 ha (10.11 %), suelos de alto potencial productivo limitados por el poco espesor del horizonte superficial (Ap) en el que se desarrolla en su mayor complejidad el sistema radicular que descansa sobre un horizonte Albico, AC o C compuesto por materiales arenosos y fragmentales que limitan los procesos de mecanización profunda. Los suelos de la Clase II Subclase "se", que comprenden unas 82.76 ha (5.59 %) que constituyen suelos de poco espesor e influenciados por procesos de pérdida de materiales finos del suelo y materia

orgánica por erosión hídrica laminar. Los suelos de la Clase III, que constituyen unas 45.87 ha (3.10 %) que poseen un horizonte superficial de poco espesor al que subyace un horizonte Albico, baja capacidad de retención de la fertilidad, potencialmente apto para cultivos anuales bajo un fuerte sistema de manejo de la materia orgánica e incorporación de residuos de cosecha, prácticas de mecanización moderada debido a la estructura granular fina de grado débil muy susceptible a la dispersión y requerimiento de frecuencias altas de riego. Los suelos que corresponde a la Clase III Subclase "s" de capacidad de uso que constituyen 235.79 ha (19.92 %) cuyas limitaciones de la clase, el horizonte B el cual se encuentra a 20 cm de la superficie se mezcla en su límite inferior con materiales fragmentales y arenas gruesas que caracterizan al horizonte C, el horizonte superficial mantiene una estructura suelta o laminar de muy baja permeabilidad, reacción fuertemente alcalina subsuperficial. Los suelos de la Clase IV y V, constituyen 107.06 ha (6.86 %), Ustico, de textura arenosa, permeabilidad muy lenta, extremadamente baja capacidad de retención de humedad y problemas de compactación, con vocación de uso para bosques y vida silvestre.

### **9.3. SOBRE EL USO ACTUAL DE LOS SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA**

La Finca Bolivia constituye un área total de 1481.37 ha (14.81 km), en su totalidad dedicadas al cultivo de la Caña de Azúcar; de las que 57 ha (3.84 %) son utilizadas como vías de acceso a la plantación (rondas y calles), sistemas de drenaje superficial natural y artificial (zanjos y drenes), estructuras de almacenamiento y aprovechamiento de agua subterránea (pocetas), 1.66 ha utilizadas en instalaciones administrativas, bodegas y el complejo habitacional, 69.99 ha (4.72 %) actualmente no son cultivadas por su incapacidad para éstos fines y que corresponden a Causes Antiguos de Corrientes de Inundación; Typic Ustipsaments, Typic Fragiocrepts; y 45.37 ha (3.06 %) ocupada por bosque tropical latifoliar disperso.

### **9.4. SOBRE EL MANEJO TECNOLÓGICO ACTUAL DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

El manejo tecnológico actual de la caña de azúcar en el área cultivada de la finca Bolivia, no se adecua a las propiedades físicas y químicas del suelo así como a los requerimientos del cultivo de manera que este no asegura el uso sustentable del recurso suelo.

## 10. RECOMENDACIONES

### 10.1. MECANIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA

La secuencia actual de labores mecanizadas para la preparación de los suelos en renovaciones del cultivo de la caña de azúcar se adecua atendiendo a las características físicas de los suelos del sub-grupo Vertic Hapludolls, en tanto que, los suelos del sub-grupo Fluventic Hapludolls, y Eutropeptics Rendolls caracterizados por el poco espesor que presenta el horizonte superficial, durante el volteo de los suelos, el arado hace contacto con el horizonte AC o C compuesto por materiales gruesos de arenas y fragmentos de rocas que son mezclados con el suelo superficial afectando la textura y otras características físicas como la estructura, capacidad de retención de humedad y nutrientes del suelo, entre otras. En el caso de los suelos Typic Argialbolls que presentan estructura granular fina de grado muy débil a muy degradada, la secuencia de labores mecanizadas durante la renovación de plantaciones de caña de azúcar que consiste en la destrucción de la cepa anterior a través del rastreo, volteo del suelo, el doble paso de rastra y surqueo y más aun el tapado mecánico después de la siembra, constituye un exceso de mecanización al suelo, esta secuencia debe reducirse al paso de rastra profunda (15-20 cm) para la destrucción de la cepa anterior para la preparación del suelo seguido del surqueo simple (sin fertilización) y tapado manual.

Los suelos Typic Ustipsaments constituido por un horizonte Ap de unos 20 cm de espesor que descansa sobre un horizonte C fragmental, se recomienda la aplicación de labranza mínima del suelo empezando por la destrucción de la cepa de la plantación a renovar por agentes químicos y surqueo y siembra posterior a los 15 días entre surcos antiguos.

### 10.2. MANEJO DE RESTOS DE COSECHA

Se recomienda que los restos de cosecha sean recolectados y depositados sobre la superficie del suelo para posteriormente sean desmenuzados mecánicamente en el caso de renovaciones del cultivo o bien confinados para su mineralización y posteriormente sean incorporados al suelo mediante labores de escarda, evitando la requema de los mismos lo cual ejerce un efecto negativo al suelo en cuanto a la mineralización del suelo, reducción de la actividad biológica del suelo, pérdida de propiedades físicas y químicas del suelo como la estructura, porosidad, capacidad de retención de humedad, disminución de la permeabilidad del suelo, disminución en la capacidad de intercambio catiónico y de retención de la fertilidad del mismo.

### 10.3. USO Y MANEJO DE FERTILIZANTES

La recomendación sobre el uso de fertilizantes se basa en los requerimientos de nutrientes del cultivo basado en los contenidos de los mismos en el suelo el cual corresponden a los suelos Vertic Hapludolls (II), los cuales presentan las mejores condiciones de suelo, por lo tanto, las cantidades

recomendadas constituyen las aplicaciones mínimas de fertilizantes basada en los requerimientos del cultivo de caña de azúcar para la producción 100 toneladas de caña industrial/ha.

En el caso de la fertilización fosforada, no debe realizarse únicamente durante las renovaciones del cultivo, sino en cada ciclo de producción. En las renovaciones la primera fertilización se recomienda a los 30 días después de la siembra, periodo en el cual la planta ha logrado desarrollar sus sistema radicular funcional y el aprovechamiento de los nutrientes aplicados es mayor en relación a la fertilización durante el surqueo (previo a la siembra). La segunda aplicación de fertilizante se recomienda, a los 70 días postsiembra o cosecha en caso de caña soca con el objeto de aportar nutrientes a la planta para los procesos de producción (producción, transporte y almacenamiento de la sacarosa en la planta). Las dosis y fuentes de nutrientes son las siguientes:

**Cuadro 43. Dosis y Fuentes de Nutrientes Recomendadas para el Cultivo de la Caña de Azúcar para la Producción de 100 toneladas de Caña Industrial/ha.**

| Requerimiento                             | Fuente   | Dosis de la Fuente |
|---|--|--------------------|
| 153 kg de Nitrógeno                       | Urea (46 %)  | 250 kg (5.5 qq)    |
| 89.35 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Triple Super Fosfato (46 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 204 kg (4.5 qq)    |
| 76.05 kg de K <sub>2</sub> O              | Muriato de Potasio ( 60 % K <sub>2</sub> O)                | 136 kg (3.0 qq)    |
| 43.0 kg de S                              | Sufato de Amonio (21 % N - 24 % S)                         | 182 kg (4.0 qq)    |
| 200 gr de B                               | Fuentes Puras de B,Cu, Fe.                                 | 200 gr de Boro     |
| 200 gr de Cu                              |  | 200 gr de Cobre    |
| 1500 gr de Fe                             |  | 1500 gr de Hierro  |

La aplicación de los fertilizantes en una mezcla física, fraccionada en dos fertilizaciones: Primera fertilización 30 días postsiembra o zafra en una dosis de 320 kg de la mezcla física de N-P-K-S (7 qq)/ha más los microelementos deficientes en el suelo, realizar la segunda fertilización de acuerdo a las condiciones de desarrollo del cultivo a los 60 ó 70 días postrenovación o zafra en forma mecanizada o manual.

La forma de fertilización se recomienda realizarla al chorro sobre la superficie del terreno dirigido al surco del cultivo, bajo condiciones húmedas del suelo o previo al riego o bien semienterrado bajo condiciones de insuficiencia de humedad.

Es considerable la idea de sembrar algún tipo de leguminosa como el Cow-pea (*Vigna sinensis*) entre los surcos del cultivo durante la primera etapa de desarrollo del mismo (macollamiento y formación de tallos) como una fuente de abono verde, que puede sustituir hasta en un 75 % la aplicación de nitrógeno del suelo mediante fertilizantes, así mismo contribuir al aporte de materia orgánica al suelo.(9)

#### 10.4. USO Y MANEJO DEL AGUA DE RIEGO

Para fines de riego, como fuentes adicionales se recomienda el uso del agua subterránea mediante la construcción de estructuras de captación y almacenamiento del agua, la cual de acuerdo a sus características físicas y químicas son aptas para riego. En lo que refiere a los requerimientos de agua y frecuencia de riego, se recomienda realizar un estudio del aporte de agua capilar en el suelo debido a que el nivel freático se encuentra a 2.05 m de la superficie durante el período más seco del verano, realizar registros de la humedad en el suelo en lo que corresponde a la sección de control de humedad (zona de influencia del sistema radicular del cultivo de caña de azúcar, de la superficie a los 40 cm de profundidad) durante el periodo crítico de la estación seca iniciando el control a partir del cierre del período en el cual se abate el 65 % de humedad disponible en el suelo (déficit de manejo permitido) que ocurre a los 12 días después del riego en los suelos Vertic Hapludolls y Typic Ustipsaments, a los 15 días en los suelos Fluventic Hapludolls, a los 17 días en los Typic Argialbolls y Eutropectics Rendolls. Con el fin de determinar las necesidades reales de la frecuencia de riego principalmente si la frecuencia de riego que determina el cuadro 39, para los tipos de suelos determinados en la finca incrementan considerablemente los costos de manejo del cultivo, sin embargo, como lo mencionan Evans citado por Camargo (3), "la caña de azúcar tiene la capacidad para absorber agua por las hojas, por lo que no presenta los síntomas de marchitez permanente cuando el suelo alcanza el punto de marchitamiento indicado por el girasol", no obstante, se recomienda que la humedad del suelo esté arriba del punto de marchitez permanente en el cual la caña de azúcar continúa su crecimiento normal.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. AROCHA HERNANDEZ, F.R. 1993. Mapeo y clasificación a nivel de semidetalle de los suelos de la comunidad de Tamagás Creek, sector A, del municipio de Livingston, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 44 p.
2. BELCHER, D. 1987. Fotointerpretación. Mérida, Venezuela, s.n. 145 p.
3. BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; Mc CRACKEN, J.R. s.f. Génesis y clasificación de suelos. México, Trillas. 416 p.
4. CAMARGO, P.N. s.f. Fisiología de la caña de azúcar. México, Instituto Para el Mejoramiento de la Producción de Caña de Azúcar. 59 p.
5. CENGICAÑA; INGENIERIA DEL CAMPO LTDA. (Gua.) 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala. 242 p.
6. CHAPMAN, H.D.; PRATT, P.F. 1976. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México, Trillas. 195 p.
7. CLAVES PARA la taxonomía de suelos. 1990. Trad. por Carlos A. Ortiz. Morelos, México. s.n. 576 p.
8. CORZO SANTIAGO, H.R. 1991. Levantamiento a nivel de semidetalle de los suelos de la aldea Tulumajillo, del municipio de San Agustín Acasaguastlán del departamento El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 101 p.
9. CROVETTO, C. 1981. Consideraciones sobre labranza cero. Agricultura para las Américas (EE.UU.) 30(8):16-18.
10. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
11. FASSBENDER, H.W. 1978. Química de suelos con énfasis en los suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA. 398 p.
12. GOMEZ ANZUETO, R.D. 1996. Diagnóstico general de la secuencia de labores productivas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la finca Bolivia del grupo corporativo Santa Ana, Masagua, Escuintla. Diagnóstico E.P.S. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
13. GOMEZ GARCIA, A.E. 1983. Estudio de suelos a nivel de semidetalle de la comunidad China-Cadenas, Livingston, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
14. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1995. Mapa básico de la República de Guatemala; hoja cartográfica de Obero 2058 III. Guatemala. Esc. 1:50,000.
15. \_\_\_\_\_. 1969. Mapa geológico de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.

16. \_\_\_\_\_ INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. 52 p.
17. \_\_\_\_\_ 1980. Mapa de capacidad de capacidad productiva de la tierra. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
18. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento, según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.
19. HERRERA IBAÑEZ, I.R. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 69-89.
20. LAM, E. Levantamiento semidetallado de los suelos de la parte baja de la cuenca del río Achiguate. Tesis In. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 138 p.
21. LAVARREDA ANLEU, P.A. 1987. Levantamiento semidetallado de los suelos de la cuenca del río Achiguate II. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 132 p.
22. MEDINA, E. 1986. Levantamiento de suelos, descripción y muestreo del perfil del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 10 p.
23. ORTIZ SOLOCRIO, A.C.; ECUANALO CERNA, H.E. DE LA. 1978. Metodología del levantamiento fotográfico: un sistema de clasificación de tierras. México, Colegio de Postgrado Chapingo. 86 p.
24. ORTIZ VILLANUEVA, B. 1982. Edafología. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura 251 P.
25. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 345 p.
26. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Traducido por Pedro Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
27. SPIEGELER NORIEGA, J.E. 1984. Glosario de términos usados en el estudio de la ciencia del suelo. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 100 p.
28. TOBIAS, H.A. 1997. Clasificación de los suelos con base en su fertilidad. In Curso Nacional de Post-Grado: Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo (I., Guatemala 1,997). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 97-100
29. UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1965. Manual de levantamiento de suelo, no. 18. Trad. Juan Castillo. Venezuela. 646 p.



Vo. B O.

Miriam De La Roca

**12. APENDICE**

*Apéndice 1. Comportamiento del Rendimiento Promedio de Caña Industrial en Toneladas/ha en las Unidades de Mapeo de los Suelos de la Finca Bolivia en Base a su Capacidad de Uso.*

| UNIDAD/AÑOS | 92/93  | 93/94  | 94/95  | 95/96  | 96/97  | VARIETADES /EDAD DE LA PLANTACION** |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------------|
| IIA(7)*     | 124.37 | 106.33 | 103.45 | 104.91 | 121.11 | CP-722086(5-7,1-2)                  |
| IIRP(17)    | 127.79 | 106.79 | 62.33  | 101.41 | 108.98 | C-1187(3-4), C-8751(1-3)            |
| IIO(12)     | 118.66 | 92.11  | 131.4  | 105.57 | 112.95 | CP-731547(5-6,1-3)                  |
| IhwA(18)    | 154.39 | 127.52 | 117.98 | 122.81 | 126.4  | CP-721210(4-6), CP-722086(1-2)      |
| IhwI(19)    | 142.5  | 119.17 | 127.36 | 111.14 | 133.73 | CP-722086(5-7,1-2)                  |
| IhwRP(32)   | 151.1  | 115.05 | 111.15 | 56.4   | 73.65  | CP-722086 4-6, MY-74-64 (1-2)       |
| IIsA(8)     | 120.34 | 103.83 | 103.13 | 105.37 | 111.69 | CP-721210(3,5), CP-722086(1-2)      |
| IIsI(8)     | 127.03 | 93.05  | 122    | 112.51 | 92.7   | CP-731547(5,6,1-3)                  |
| IIsPP(8A)   | 97.96  | 90.93  | 73.59  | 108.98 | 109.47 | CP-722086(4-6,1)                    |
| IIsRP(16)   | 91.86  | 85.17  | 102.27 | 95.33  | 80.72  | C-11667 3,4; C-8751 1-3             |
| IIPP(22)    | 111.34 | 82.02  | 119.55 | 91.67  | 101.54 | CP-722086 5-6,1-3                   |
| IIsPP(27)   | 127.22 | 95.69  | 79.89  | 77.96  | 115    | CP-722086(2-5,1)                    |
| IIsPP(17)   | 90.16  | 116.66 | 67.47  | 94.55  | 95.15  | MEX-581230(5-7), CP-7315479(1-2)    |
| IIsRP(11)   | 99.07  | 93.82  | 104.14 | 88.61  | 90.88  | C-1187(3-4), C-8751(1-3)            |

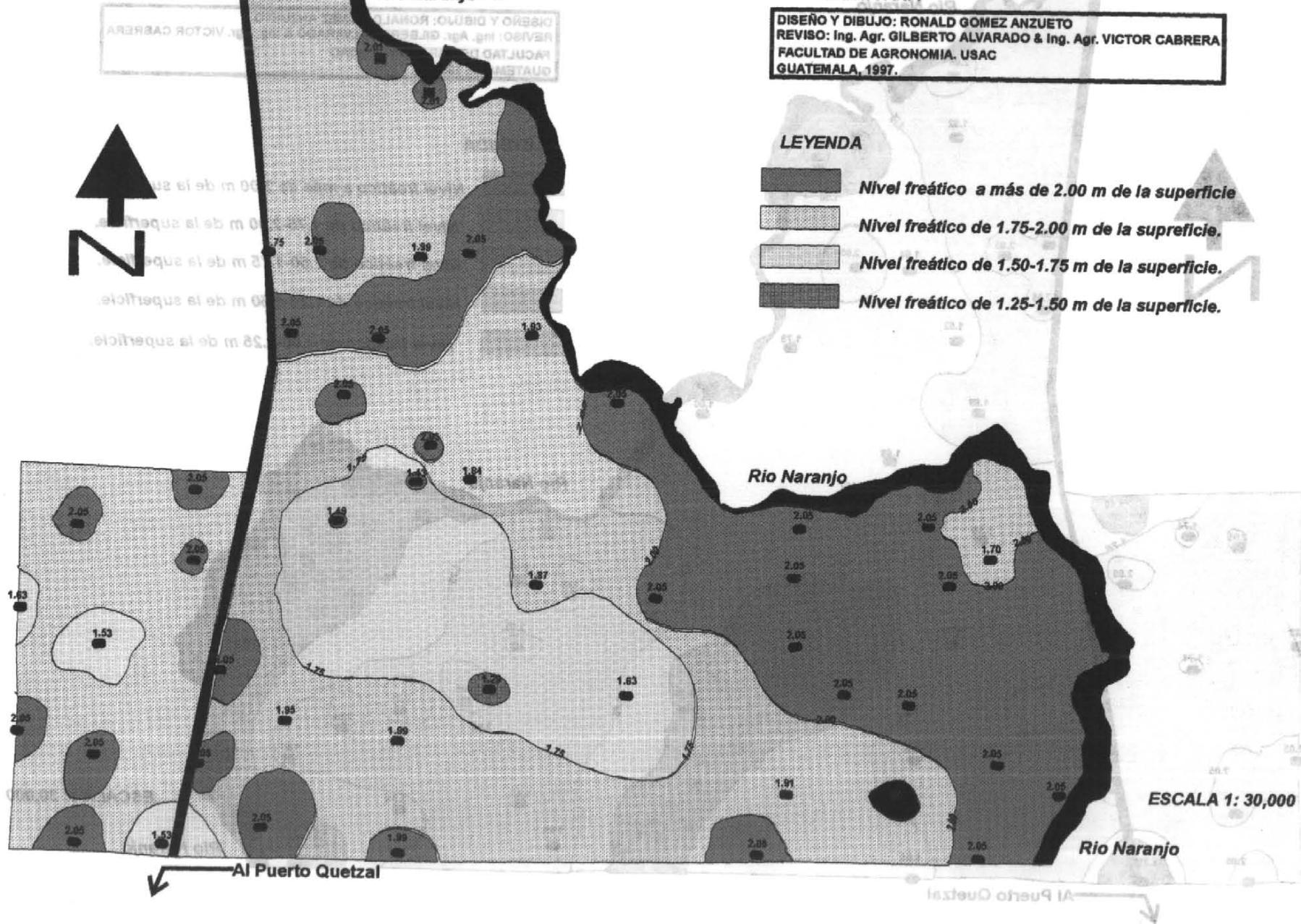
\* Unidades de suelo de acuerdo a la Clasificación de Uso Potencial.

\*\* Variedades cultivadas, edad de la plantación en base a número de corte o Zafras.

**FIGURA 25. PLANO DE ISOBATAS CORRESPONDIENTE AL PERIODO FEBRERO-MARZO-ABRIL/1995.**

**FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO SANTA ANA**

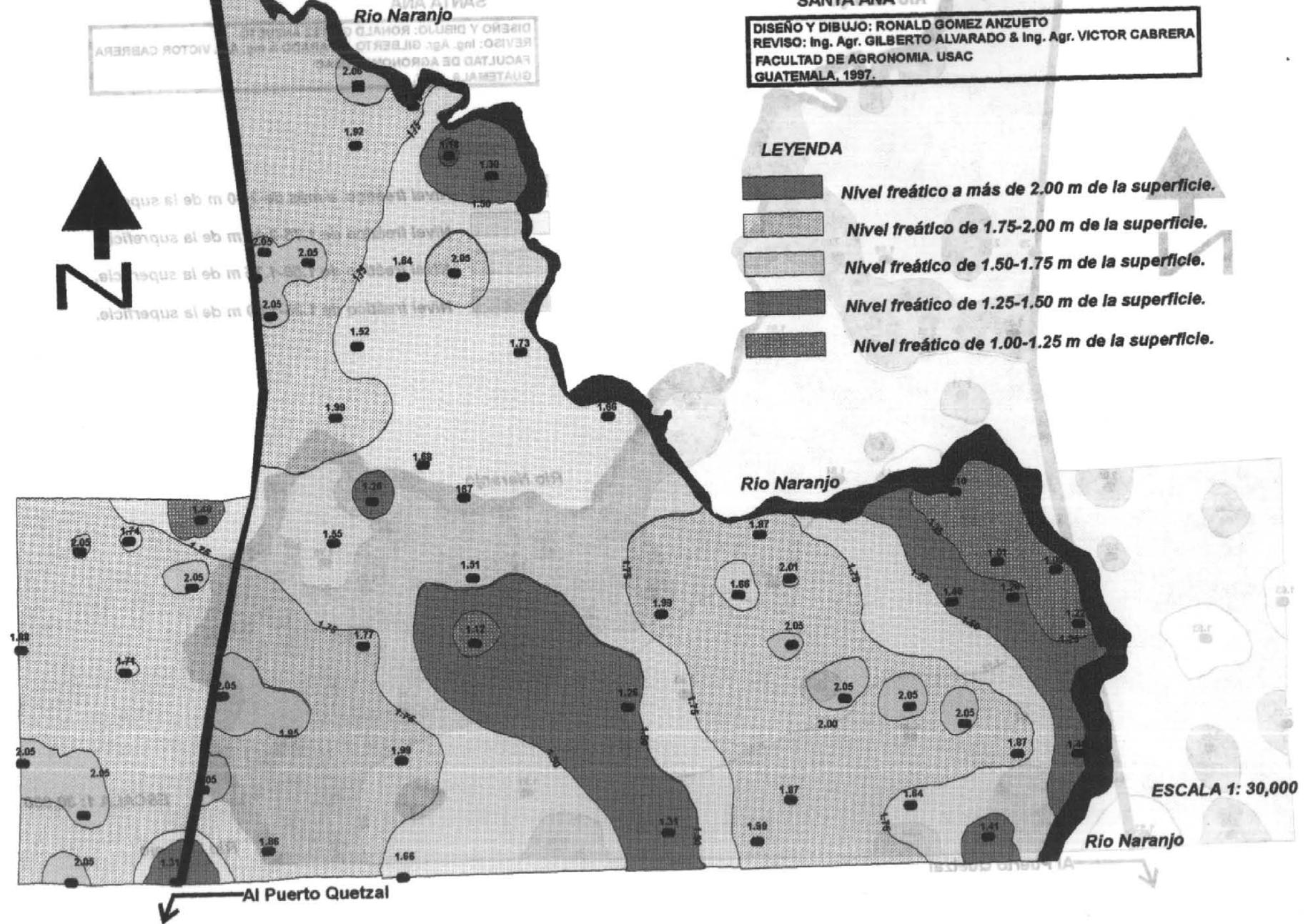
**DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO  
REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA  
FACULTAD DE AGRONOMIA. USAC  
GUATEMALA, 1997.**



**FIGURA 26. PLANO DE ISOBATAS CORRESPONDIENTE AL PERIODO AGOSTO-SEPTIEMBRE/1994.**

FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO SANTA ANA

DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO  
 REVISÓ: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA. USAC  
 GUATEMALA, 1997.



**FIGURA 27. PLANO DE ISOHIPSAS CORRESPONDIENTE AL PERIODO  
FEBRERO-ABRIL/1995.**

**FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO  
SANTA ANA**

**DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO  
REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA  
FACULTAD DE AGRONOMIA. USAC  
GUATEMALA, 1997.**



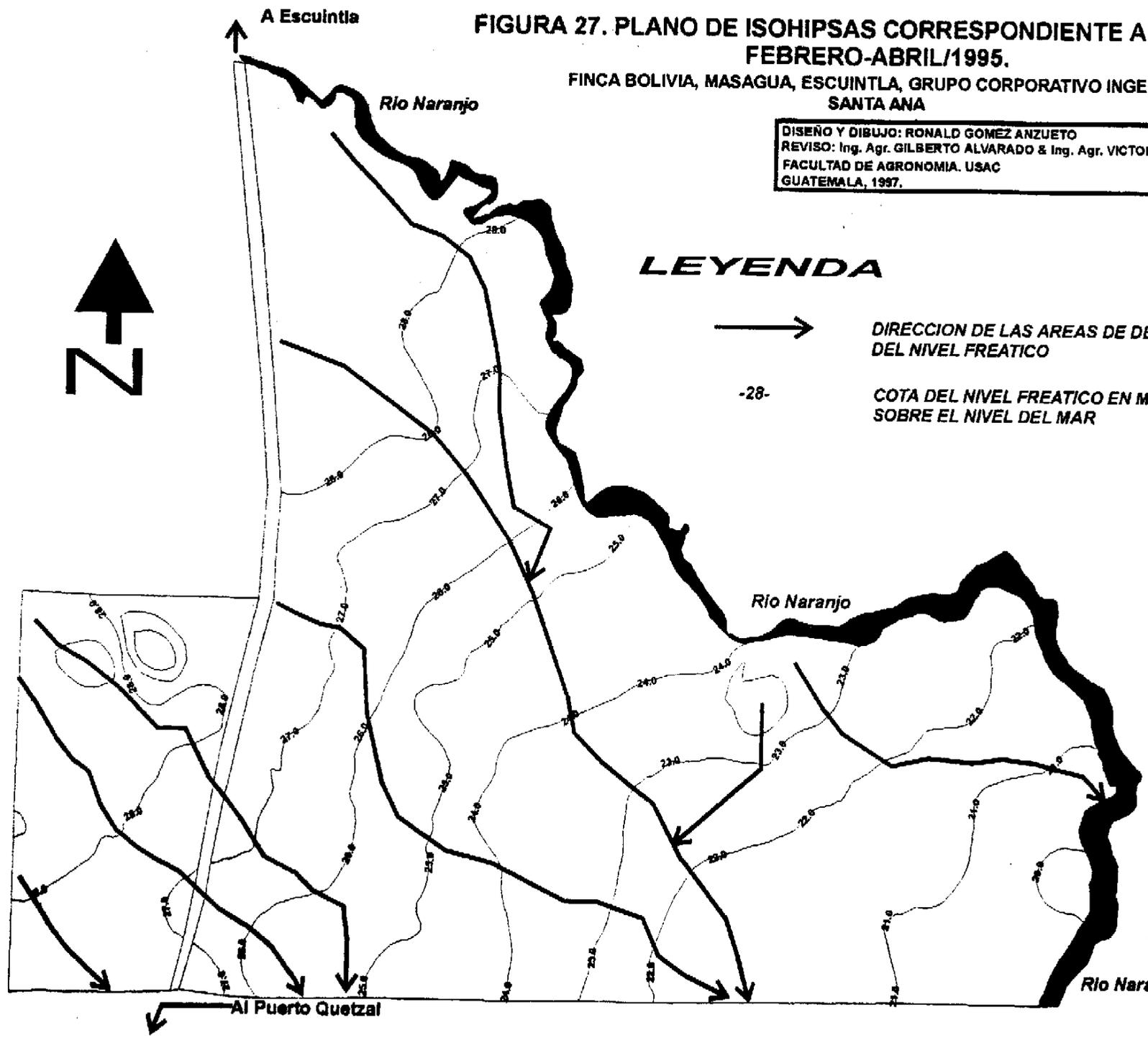
**LEYENDA**



**DIRECCION DE LAS AREAS DE DESCARGA  
DEL NIVEL FREATICO**

**-28-**

**COTA DEL NIVEL FREATICO EN METROS  
SOBRE EL NIVEL DEL MAR**



**ESCALA 1: 30,000**

**Al Puerto Quetzal**

**Rio Naranjo**

**A Escuintla**

**Rio Naranjo**

**Rio Naranjo**

**Rio Naranjo**

**FIGURA 28. PLANO DE ISOHIPSAS CORRESPONDIENTE AL PERIODO  
AGOSTO-SEPTIEMBRE/1994.**

**FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO  
SANTA ANA**

DISEÑO Y DIBUJO: RONALD GOMEZ ANZUETO  
REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA  
FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC  
GUATEMALA, 1997.

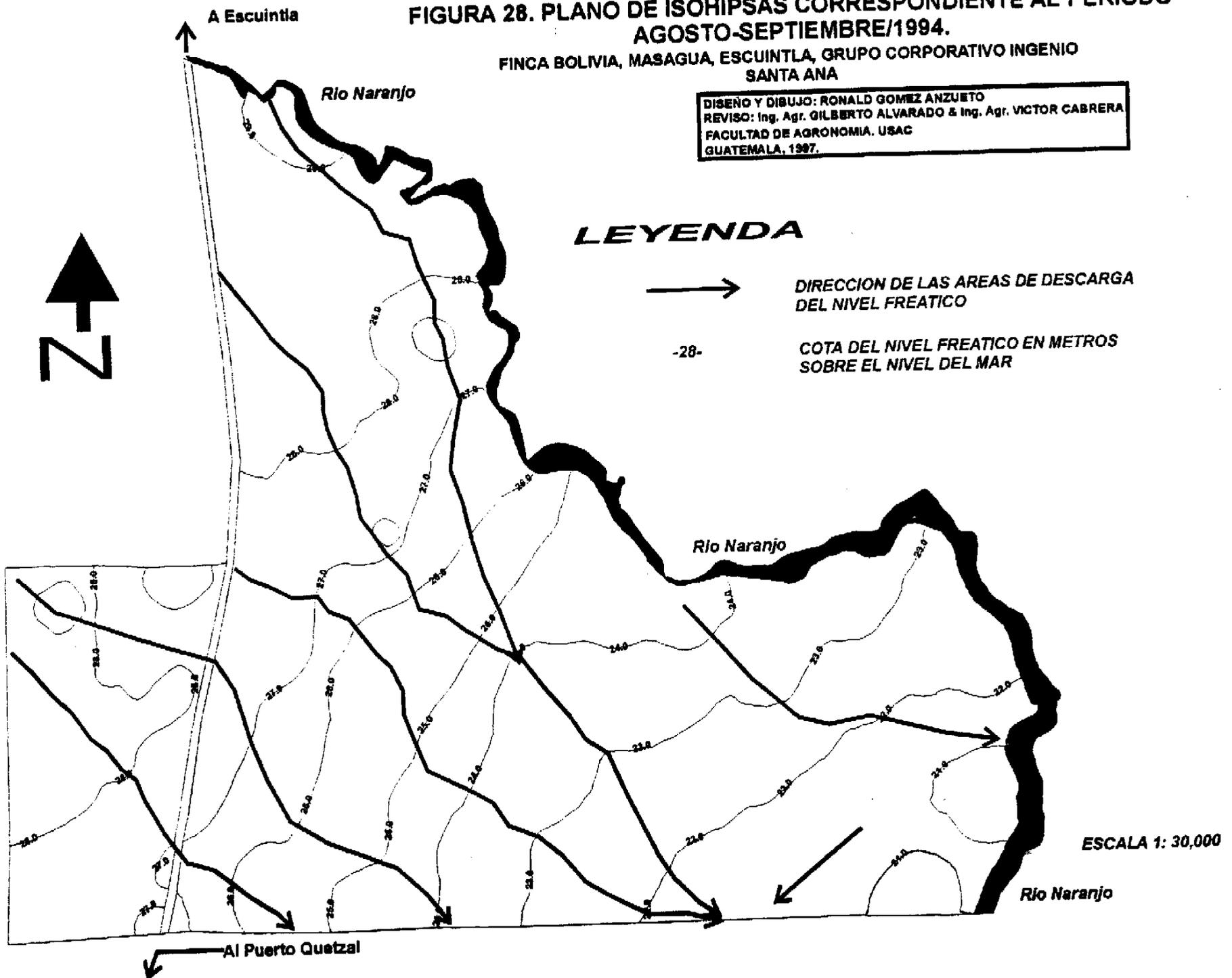
**LEYENDA**



DIRECCION DE LAS AREAS DE DESCARGA  
DEL NIVEL FREATICO

-28-

COTA DEL NIVEL FREATICO EN METROS  
SOBRE EL NIVEL DEL MAR





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.024-98

LA TESIS TITULADA: "LEVANTAMIENTO DETALLADO DE LOS SUELOS DE LA FINCA BOLIVIA  
 CON FINES DE PLANIFICACION DE LA INGENIERIA DE LA CAÑA DE  
 AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN MASAGUA, ESCUINTLA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RONALD DAGOBERTO GOMEZ ANZUETO

CARNET No: 9210138

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Ervin Maxdelio Herrera de León  
 Ing. Agr. Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez  
 Ing. Agr. José Jesús Chonay Pantzai

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha  
 cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de  
 la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Gilberto Daniel Alvarado Cabrera  
 ASESOR

Ing. M.Sc. Victor Manuel Cabrera C.  
 ASESOR

Ing. Agr. Fernando Rodriguez  
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
 D E C A N O



cc:Control Académico  
 Archivo  
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770

**FIGURA 24. MAPA DE USO ACTUAL DE LA TIERRA**

**FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA. GRUPO CORPORATIVO INGENIO**

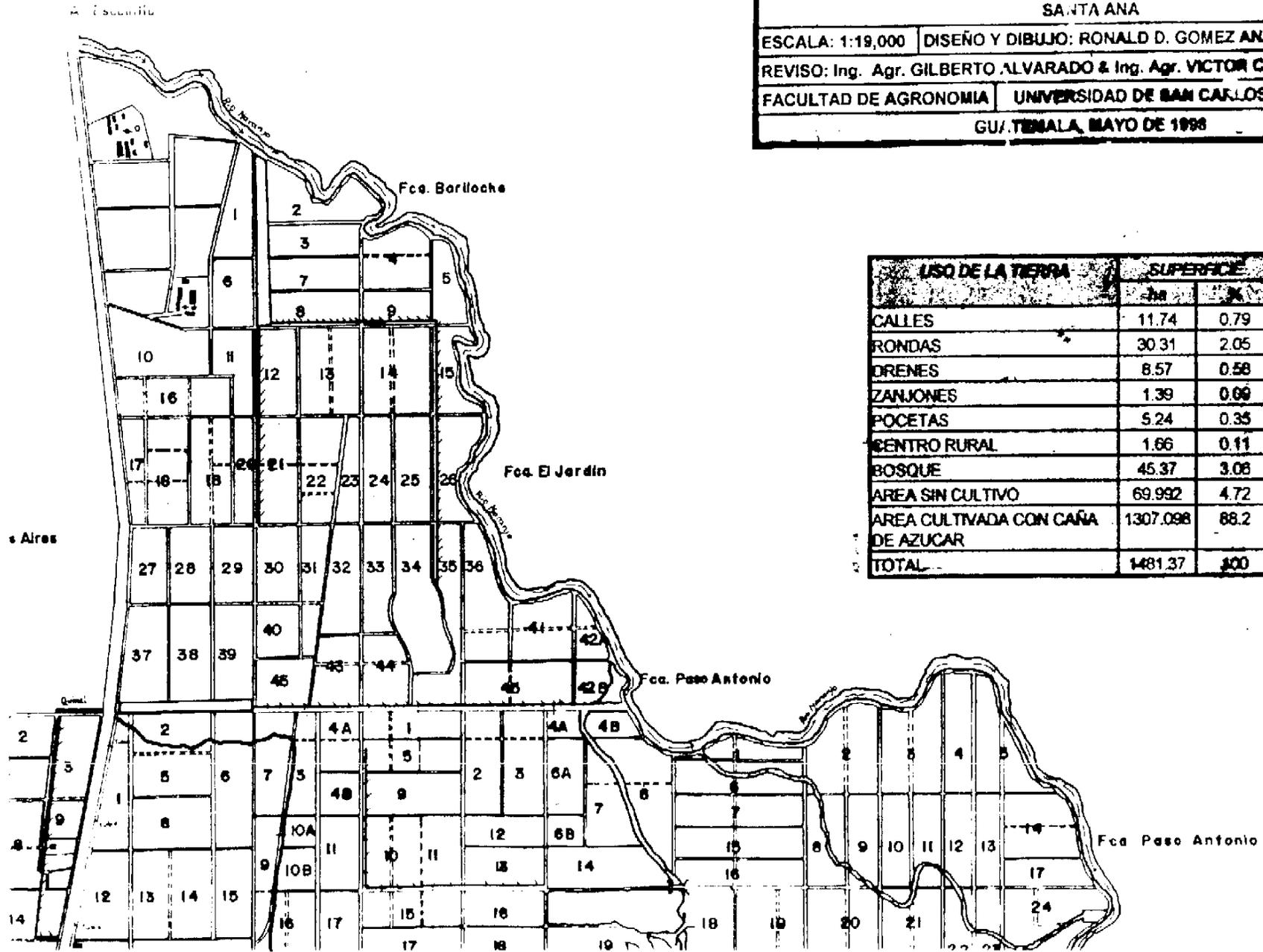
**SANTA ANA**

ESCALA: 1:19,000 DISEÑO Y DIBUJO: RONALD D. GOMEZ ANZUETO

REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA C.

FACULTAD DE AGRONOMIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

GUATEMALA, MAYO DE 1998



**FIGURA 23. MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA (USDA)**

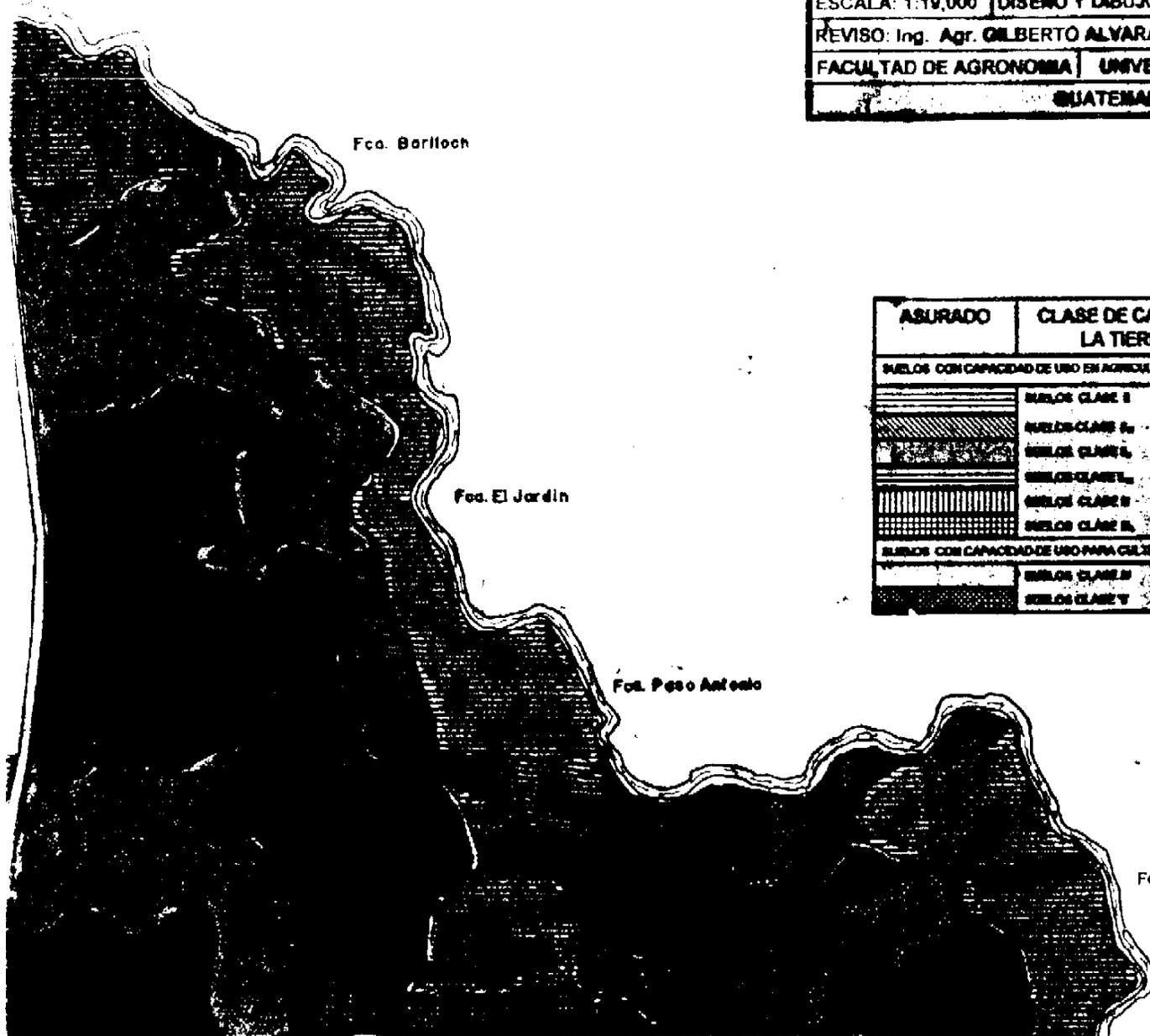
FINCA BOLIVIA, MASAGUA, ESCUINTLA, GRUPO CORPORATIVO INGENIO  
SANTA ANA

ESCALA: 1:19,000 | DISEÑO Y DIBUJO: RONALD D. GOMEZ A.

REVISO: Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA C.

FACULTAD DE AGRONOMIA | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

GUATEMALA, MAYO DE 1998



| ABURADO  | CLASE DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA SEGUN USDA | AREA   | % AREA |
|--|---|--------|--------|
| SUELOS CON CAPACIDAD DE USO EN AGRICULTURA Y POCAS LIMITACIONES QUE RESTRIJEN SU USO |   |        |        |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE I                                    | 46.32  | 21.29  |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE II                                   | 241.7  | 56.15  |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE III                                  | 284.28 | 27.27  |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE IV                                   | 4.28   | 0.28   |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE V                                    | 24.27  | 2.27   |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE VI                                   | 24.27  | 2.27   |
| SUELOS CON CAPACIDAD DE USO PARA CULTIVOS PERMANENTES, BOSQUES O VIDA SILVESTRE      |   |        |        |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE VII                                  | 24.27  | 2.27   |
| [Pattern]  | SUELOS CLASE VIII                                 | 24.27  | 2.27   |

**FIGURA 22 MAPA DE CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS SUELOS**

CINCA BOLIVIA MASAGUA, ESCUINTLA GRUPO CORPORATIVO INGENIO

SANTA ANA

ESCALA 1:10,000 | DISEÑO Y DIBUJO, RONALD D. GÓMEZ ANZUETO

REVISÓ Ing. Agr. GILBERTO ALVARADO & Ing. Agr. VICTOR CABRERA C.

FACULTAD DE AGRONOMIA | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

GUATEMALA, MAYO DE 1988

