

**DIAGNÓSTICO DE LA INFILTRACION Y PERMEABILIDAD EN LOS SUELOS
DE LA ZONA DE RECARGA DEL ACUIFERO MORROA EN EL AREA
SINCELEJO, COROZAL Y MORROA**

**IVAN JIMENEZ STEER
LUIS RODRIGUEZ DOMINGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
SINCELEJO
2008**

**DIAGNOSTICO DE LA INFILTRACION Y PERMEABILIDAD EN LOS SUELOS
DE LA ZONA DE RECARGA DEL ACUIFERO MORROA EN EL AREA
SINCELEJO, COROZAL Y MORROA**

**IVAN JIMENEZ STEER
LUIS RODRIGUEZ DOMINGUEZ**

Director

**ANTONIO TOVAR ORTEGA
Ing. Agrícola. Esp. en manejo de aguas y suelos. MSc**

Asesor

**HECTOR MARIO HERRERA PARRA
Ing. Geólogo. Esp. En Ciencias Ambientales, Candidato MSc**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
SINCELEJO
2008**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

Jurado

Sincelejo, 17 de junio de 2008.

Únicamente los autores son responsables de las ideas expuestas en esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestra guía y fortaleza en los momentos difíciles.

“A la memoria de mi abuela”
A mi familia por su constante
apoyo y confianza.

LUIS

“A Dios por darnos fortaleza,
Valor y confianza”

IVAN

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

ANTONIO TOVAR ORTEGA, Ingeniero Agrícola, Especialista en manejo de Aguas y Suelos, MSc, Director del proyecto, por su valiosa colaboración.

HECTOR MARIO HERRERA, Ingeniero Geólogo, Especialista en Ciencias Ambientales, Candidato a MSc, Coordinador del grupo de Aguas de CARSUCRE, Coordinador y Asesor del proyecto, por sus invaluable aportes durante la ejecución y organización de este trabajo.

EMILIA CARDENAS AMAYA. Ingeniera Agrícola.

LUIS ALFREDO GUARDIOLA DOMINGUEZ, Ingeniero Agrícola.

LEONARDO TOSCANO, Ingeniero Agrícola.

HELMUTH ARGUMEDO VIVAS, Ingeniero Agrícola.

JOSE GREGORIO ARRIETA, Lic. En Educación con Énfasis en Ciencias Ambientales, candidato a MSC, Técnico de laboratorios de aguas y suelos.

CARLOS VERGARA, Ingeniero Agrícola, Jefe de Departamento de Ingeniería Agrícola.

Corporación Autónoma Regional de Sucre – CARSUCRE – por su apoyo logístico, bibliográfico y la oportunidad de realizar éste trabajo.

UNIVERSIDAD DE SUCRE, por la formación integral de profesionales idóneos.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCION	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	22
2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	22
2.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS EN EL AREA DE ESTUDIO	23
2.2.1 Suelos de lomerío.....	23
2.2.2 Suelos de Valle.....	27
2.3 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LAS UNIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
2.4 HIDROGEOLOGÍA	31
2.4.1 Unidad Hidrogeológica 1 (U. H. 1).....	32
2.4.2 Unidad Hidrogeológica 2 (U. H. 2).....	33
2.4.3 Unidad Hidrogeológica 3 (U. H. 3).....	33
2.5 TIPO DE OCURRENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA	34
2.5.1 Tipo de acuífero.....	34
2.6 PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA O DEL TECHO DEL ACUÍFERO.....	35
3. ESTADO DEL ARTE	36
3.1 CONCEPTO GENERAL DEL MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO	36

3.1.1	Movimiento del agua en el suelo.	36
3.1.2	Factores que afectan el movimiento del agua en el suelo.	37
3.2	CONCEPTOS GENERALES SOBRE SUELO	38
3.2.1	Permeabilidad.....	38
3.2.2	Infiltración.	39
3.3	ECUACIÓN DE KOSTIAKOV	41
4.	MATERIALES Y EQUIPOS	42
5.	METODOLOGÍA.....	43
5.1	TRABAJO DE CAMPO	43
5.2	DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN EL CAMPO MÉTODO DEL POZO BARRENADO INVERTIDO O DE PORCHET	44
5.3	DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN EL LABORATORIO MÉTODO DE CABEZA VARIABLE	47
5.4	DETERMINACIÓN DE LA INFILTRACIÓN EN EL CAMPO - METODO DE LOS ANILLOS CONCÉNTRICOS.....	50
6.	RESULTADOS	53
6.1	MUNICIPIO DE MORROA (ZONA # 1).....	53
6.1.1	Bremen	53
6.1.2	La Pesebrera	58
6.1.3	El Rosario	63
6.2	MUNICIPIO DE COROZAL ZONA # 2.....	68
6.2.1	Vía a Pileta	68
6.2.2	El Mamón.....	73
6.2.3	Las Tinas	78
6.2.4	El Liceo	83
6.2.5	Don Alonso	88
6.3	MUNICIPIO DE SINCELEJO ZONA # 3	93
6.3.1	Las Palmas	93

6.3.2 La Garita	98
6.3.3 Canta Rana.....	103
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	110
7.1 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA #1 .	110
7.1.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio.....	110
7.1.2 Propiedades químicas.	113
7.2 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA # 2	116
7.2.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio.....	116
7.2.2 Propiedades Químicas.....	118
7.3 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA # 3	121
7.3.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio.....	121
7.3.2 Propiedades Químicas.....	123
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES.....	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Formaciones geológicas en el área de estudio.....	35
Tabla 2. Profundidad del nivel freático.....	35
Tabla 3. Clasificación de la Conductividad Hidráulica.....	39
Tabla 4. Clasificación de la Velocidad de Infiltración.....	40
Tabla 5. Resumen propiedades físicas.....	55
Tabla 6. Resumen propiedades químicas.....	56
Tabla 7. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (Bremen).....	57
Tabla 8. Resumen de infiltración en el campo (Anillos concéntricos). (Bremen).....	57
Figura 9. Descripción de perfil la pesebrera.....	59
Tabla 10. Resumen Propiedades Físicas.....	60
Tabla 11. Resumen Propiedades Químicas.....	61
Tabla 12. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (La Pesebrera).....	62
Tabla 13. Resumen de infiltración en el campo (Método anillos concéntricos). (La Pesebrera).....	62
Tabla 14. Resumen propiedades Físicas.....	65
Tabla 15. Resumen propiedades Químicas.....	66
Tabla 16. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (El Rosario).....	67
Tabla 17. Resumen de infiltración en el campo (Método anillos concéntricos). (El Rosario).....	67
Tabla 18. Resumen propiedades Físicas.....	70
Tabla 19. Resumen propiedades Químicas.....	71
Tabla 20. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (Vía Pileta).....	72

Tabla 21. Resumen de infiltración en el campo (método de anillos concéntricos). (Vía Pileta).....	72
Tabla 22. Resumen propiedades Físicas.....	75
Tabla 23. Resumen propiedades Químicas.....	76
Tabla 24. Resumen de permeabilidad en el campo “Método de Porchet” (El Mamón)	77
Tabla 25. Resumen de infiltración en el campo “Método de anillos concéntricos”. (El Mamón).	77
Tabla 26. Resumen propiedades Físicas.....	80
Tabla 27. Resumen propiedades Químicas.....	81
Tabla 28. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (Las Tinias).....	82
Tabla 29. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos) (Las Tinias).....	82
Tabla 30. Resumen propiedades Físicas.....	85
Tabla 31. Resumen propiedades Químicas.....	86
Tabla 32. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (El Liceo).....	87
Tabla 33. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (El Liceo).....	87
Tabla 34. Resumen propiedades Físicas.....	90
Tabla 35. Resumen propiedades Químicas.....	91
Tabla 36. Resumen de permeabilidades en el campo (Método de Porchet). (Don Alonso).	92
Tabla 37. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Don Alonso).....	92
Tabla 38. Resumen propiedades Físicas.....	95
Tabla 39. Resumen propiedades Químicas.....	96
Tabla 40. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (Las Palmas).....	97
Tabla 41. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Las Palmas).....	97
Tabla 42. Resumen propiedades Físicas.....	100
Tabla 43. Resumen propiedades Químicas.....	101

Tabla 44. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (La Garita).....	102
Tabla 45. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (La Garita).....	102
Tabla 46. Resumen propiedades Físicas.....	105
Tabla 47. Resumen propiedades Químicas.....	106
Tabla 48. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet) (Canta Rana)	107
Tabla 49. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Canta Rana).	107
Tabla 50. Resumen de Texturas, Infiltraciones y Permeabilidades de los once (11) puntos de estudio.....	108
Tabla 51. Resumen de Permeabilidades en laboratorio, Densidades aparentes, Densidades Reales, porosidad total y Materia Orgánica de los once (11) puntos de estudio.....	109

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2 Mapa del área de estudio.	29
Figura 3. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.....	32
Figura 4. Perfiles de la Pesebrera y la Garita.	43
Figura 5. Método de Porchet “el Rosario”	46
Figura 6. Método de los anillos concéntricos.	50
Figura 7. Descripción de perfil “Bremen”.	54
Figura 8. Descripción de perfil la pesebrera.	59
Figura 9. Descripción de perfil “el Rosario”	64
Figura 10. Descripción de perfil “Vía a Pileta”	69
Figura 11. Descripción del perfil “El Mamón”.	74
Figura 12. Descripción del perfil “Las Tinajas”	79
Figura 13. Descripción de perfil “El Liceo”.	84
Figura 14. Descripción del perfil “Don Alonso”	89
Figura 15. Descripción del perfil “Las Palmas”.	94
Figura 16. Descripción del perfil “La Garita”.	99
Figura 17. Descripción del perfil “Canta Rana”.	104

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Resultados de campo velocidad de infiltración “método de los anillos infiltrómetros”	135
Anexo B. Resultados de campo coeficiente de permeabilidad “método de Porchet”	141
Anexo C. Resultados de laboratorio coeficiente de permeabilidad “método de cabeza variable”	147
Anexo D. Resultados de laboratorio “análisis químicos”	149

RESUMEN

En la zona de recarga del acuífero Morroa no existen aun estudios de campo en relación a la Permeabilidad y la Infiltración de estos suelos para determinar y establecer como es el flujo de agua de la superficie del suelo y entre sus propios estratos.

Este trabajo se fijó como objetivo diagnosticar la Permeabilidad y la Infiltración de los suelos de la zona de recarga del acuífero Morroa en el área Sincelejo, Corozal y Morroa; mediante el método de los Anillos Concéntricos, para la Infiltración y el método de Porchet para determinar la permeabilidad en el campo, también se pretendió determinar la permeabilidad por estratos en el laboratorio, mediante el método de cabeza variable, de igual forma se realizaron análisis físicos y químicos de estos suelos, para relacionar su incidencia en este diagnóstico.

Para la realización de este estudio, se escogieron once (11) puntos basados en el mapa de vulnerabilidad de estos suelos que arrojó el trabajo de grado de Emilia Cárdenas y Ana Garrido en 1997.

La clasificación textural de estos suelos, en su primer estrato, predomina la fracción arena con porcentajes promedios de 45%, debido al alto contenido de arena presente en estos suelos, se podría afirmar que estos suelos poseen buenas condiciones de infiltración y permeabilidad, pero, analizando los datos de infiltración arrojados por este estudio en los que se encontró valores muy altos y bajos que varían de 0.12 a 10.84 cm/hr, clasificados como suelos de lenta a moderadamente rápida capacidad de infiltración, obteniéndose valores promedios bajos de 0.56 cm/hr, altos de 3.88 cm/hr y un valores promedio de infiltración de 1.97 cm/hr, clasificados como suelos con moderadamente lenta velocidad de

infiltración. Se analizaron los valores de permeabilidad, y se encontraron valores de conductividades hidráulicas desde 0.08 a 2.08 cm/hr, clasificados como muy lenta a moderada conductividad hidráulica, al analizar los datos y realizar promedios se obtuvieron valores oscilantes entre 0.32 y 1.51 cm/hr, con un valor promedio de 0.80 cm/hr, clasificándose como suelos de moderadamente lenta conductividad hidráulica.

Este los resultados del estudio permitió considerar que los suelos de la zona de recarga en estudio tienen en promedio una MODERADAMENTE LENTA velocidad de infiltración y una MODERADAMENTE LENTA conductividad hidráulica, lo cual nos permitió analizar que las condiciones físicas e hidráulicas de estos suelos se encuentran afectadas por diferentes factores generados por el hombre y la naturaleza misma.

La realización de este trabajo arrojó las bases necesarias para realizar un diagnóstico adecuado de la permeabilidad y la infiltración para establecer y orientar un adecuado manejo de los suelos de la zona de recarga del Acuífero Morroa (Sucre).

ABSTRAC

In the area of recharge of the aquifer Morroa they don't even exist field studies in relation to the Permeability and the Infiltration of these soils to determine and to settle down how it is the flow of water from the surface to the soil and between their own strata.

This work has as objective to diagnose the Permeability and the Infiltration of the soils of the area of recharge of the aquifer Morroa in the area Sincelejo, and Corozal and Morroa; by means of the method of the Concentric Rings, for the Infiltration and the method of Porchet to determine the permeability in the field, it is also possible to determine the permeability for strata in the laboratory, by means of the method of constant head, of equal he/she is formed they carried out physical and chemical analysis of these soils, to relate their incidence in this I diagnose.

To carry out this study, eleven were chosen (11) points based on the map of vulnerability of these soils that I throw the work of degree of Emilia Cardenas word showed and Good-looking Ana in 1997

When observing the data of the textures of these soils we find that in their first stratum the fraction sand prevails with percentages averages of 45%, due to the high content of present sand in these soil, one could affirm that these soils possess good infiltration conditions and permeability, analyzing the heady infiltration data for this study in those that we find very high points and first soil that vary from 0.12 to 10.84 cm/hr, classified as soils of slow to moderately quick infiltration capacity, obtaining you values low averages of 0.56 cm/hr, high of 3.88 cm/hr and a values average of infiltration of 1.97 cm/hr, classified as soils with moderately slow infiltration speed. Analyzing the permeability values, we find hydraulic conductivities from 0.08 to 2.08 cm/hr, classified as very slow to moderate hydraulic conductivity, when analyzing the data and to carry out averages we find

rocking values between 0.32 and 1.51 cm/hr, with a value average of 0.80 cm/hr, classifying you as soils of moderately slow hydraulic conductivity.

This study allows us to consider that the soils in study have on the average MODERATELY MODERATELY a SLOW infiltration speed and a SLOW hydraulic conductivity, that which allows us to analyze that the physical and hydraulic conditions of these soils are affected by different factors generated by the man and the same nature.

The realization of this work throws the necessary bases to carry out an I diagnose appropriate of the permeability and the infiltration to settle down and to guide an appropriate handling of the soils of the area of recharge of the Aquifer Morroa (Sucre).

INTRODUCCION

El agua es el elemento máspreciado en la naturaleza, necesario para el desarrollo de los seres vivos, la cual la podemos encontrar en forma estacionaria, corriente y subterránea.

El agua subterránea hace referencia a todo tipo de agua situada por debajo de la superficie del suelo en rocas lo suficientemente permeable que permiten el movimiento de agua a través de ella; además, es un recurso resultante de la interacción del agua superficial con otro tipo de mecanismo como la precipitación e infiltración del agua en el suelo.

El acuífero de Morroa es la principal fuente de agua potable en los municipios de Ovejas, Los Palmitos, Corozal, Sincelejo, Sampués, Betulia y Morroa, en el Departamento de Sucre; este recurso hídrico se ha explotado desordenadamente por más de 50 años, con consecuencias evidentes en la cantidad y calidad del recurso.

La principal fuente de abastecimiento del acuífero de Morroa esta dado por las precipitaciones pluviales, y no se sabe con certeza cual es la recarga real de este acuífero, sin embargo debido a la demanda que tiene estepreciado liquido en el departamento se sabe cuanto se le esta extrayendo (aproximadamente $2.9 \cdot 10^7$ m³/ año en el 2000, fuente DANE).

Debido a los pocos estudios cuantitativos relacionados con la infiltración y la permeabilidad en los suelos de la zona de recarga del acuífero Morroa, este estudio permitió determinar valores reales de campo y laboratorio de estas propiedades hidráulicas, y se constituirá en una herramienta valiosa para que las entidades encargadas de la protección y conservación del recurso hídrico en está

zona del departamento de Sucre, diseñen estrategias y programas para que se de una mejor planificación y uso de estos suelos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico de la infiltración y la permeabilidad en el acuífero Morroa en el área de Sincelejo - Corozal – Morroa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la infiltración y la permeabilidad in situ (infiltración y permeabilidad) y en el laboratorio permeabilidad por estrato (método de Cabeza Variable), en el área de estudio.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en el campo y laboratorio para realizar las recomendaciones mas adecuadas para el uso y manejo de los suelos en la zona para mejorar la infiltración, en el área de estudio.
- Elaborar un resumen ejecutivo para su publicación a escala regional o nacional sobre el tema.

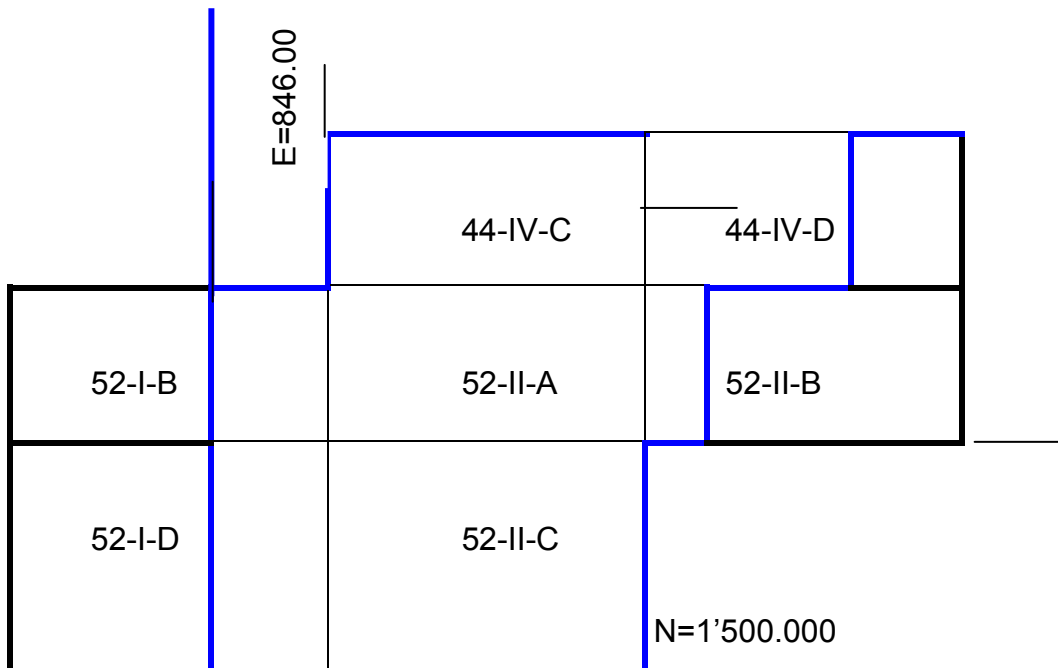
2. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO

El área esta localizada en la parte central del departamento de Sucre, comprende parcialmente los municipios de Sincelejo, Corozal y Morroa; con una extensión aproximada de 70 Km²; se encuentra ubicada entre los ejes geográficos: $X_1 = 1'514.400$, $Y_1 = 852.300$, $X_2 = 1'527.300$, $Y_2 = 868.000$, de las planchas # 44-IV – C, 44-IV- D, 52-II- B; a escala 1:25.000 del IGAC.

2.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Para la descripción de suelos en el área de estudio se sigue la delimitación establecida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1998).



2.2.1 Suelos de lomerío.

Asociación LITHIC USTORTHENTS – TYPIC USTORTHENTS.

☛ Suelos Lithic Ustorthents

Esta unidad cartográfica se localiza en las colinas de relieve ligeramente ondulado a escarpado. Con altitudes aproximadas de 80 – 300 metros. Los suelos de esta unidad son superficiales a moderadamente profundos, desarrollados a partir de areniscas calcáreas poco consolidadas de la Formación Morroa; bien a excesivamente drenados. En algunas áreas se presenta gravilla en la superficie y dentro del perfil y en otras muy escarpadas con afloramientos rocosos.

La erosión se manifiesta por escurrimiento difuso, remoción en masa, pata de vaca y puede tener un grado ligero, moderado o severo.

Químicamente estos suelos presentan reacción neutra a ligeramente alcalina, moderados contenidos de materia orgánica, moderada a alta capacidad de intercambio catiónica, altos contenidos de bases totales lo cual se traduce en una alta fertilidad.

La pendiente pronunciada, la susceptibilidad a la erosión y la pedregosidad constituyen los principales limitantes de uso. Con adecuadas prácticas de manejo se pueden dedicar las tierras localizadas en las laderas de menor pendiente (7 – 12%) a la ganadería y algunos cultivos. En general son tierras que se deben dedicar en un alto porcentaje a la conservación. IGAC, 1998.

☛ Suelos Typic Ustorthents

Se ubican en las faldas y cimas de las lomas; son moderadamente profundos, limitados especialmente por materiales sueltos de areniscas consolidadas. La roca coherente y dura se puede encontrar después de los 50 cm.

Las características químicas de estos suelos son buenas: la reacción varía de neutra a ligeramente alcalina, alta saturación de bases y bajo contenidos de fósforo aprovechable; su fertilidad es alta.

Los principales limitantes para el uso de estos suelos son la susceptibilidad a la erosión, las fuertes pendientes y la poca profundidad efectiva. Esta condición los hacen delicados de manejar, su uso más recomendable es la conservación; algunas áreas con buenas prácticas de manejo se pueden dedicar a la ganadería. IGAC, 1998.

Consociación CHROMIC HAPLUSTERTS – TYPIC HAPLUSTERTS – VERTIC USTROPEPTS

☛ Suelos Chromic Haplusterts

La profundidad efectiva de estos suelos es moderada, limitada por arcillolitas; en las cimas y laderas de las lomas. Son moderadamente a bien drenados y presentan grietas en la superficie. Se localizan en relieve fuertemente ondulado con pendiente del 12%. IGAC, 1998.

Las características químicas de estos suelos son las siguientes: reacción neutra, capacidad catiónica de cambio y bases totales altas, materia orgánica media y fósforo disponible bajo; fertilidad alta.

Los limitantes para el uso de las tierras en agricultura o ganadería son: susceptibilidad a la erosión, altos contenidos de arcilla y las pendientes fuertes de algunos sectores.

☛ Suelos Typic Haplusterts

Estos suelos se ubican en las faldas de las lomas, relieve ondulado y pendiente 7-12%; son moderadamente profundos, limitados por arcillas compactadas; se agrietan en la superficie, presentan superficies de presión (Slickensides) en todos los horizontes; son derivados de arcillas finas. IGAC, 1998.

Estos suelos químicamente presentan reacción neutra en los primeros horizontes mientras que en el horizonte C son ligeramente alcalinos; capacidad catiónica de cambio y bases totales altas, materia orgánica y fósforo disponible bajos; fertilidad alta.

Los principales limitantes para el uso en agricultura o ganadería de estos suelos son: altos contenidos de arcilla con periodo de agrietamiento, susceptibilidad a la erosión y pendientes fuertes.

☛ Suelos Vertic Ustropepts

Se encuentran alternando con los suelos anteriores en las faldas de las lomas; el relieve es ligeramente ondulado y pendiente 3-7%; se derivan de las arcillas carbonatadas y son bien drenados y moderadamente profundos.

En estos suelos son comunes la presencia de gravilla, las superficies de presión, las grietas poco profundas y la presencia de carbonatos en forma de concreciones.

El pH de estos suelos es neutro, contenidos medios de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónica, bases totales, fósforo aprovechable y fertilidad altos.

Son suelos susceptibles a la erosión, de moderada profundidad y con pendientes fuertes en algunas zonas, constituyen los principales limitantes para el uso y manejo en actividades agropecuarias.

Asociación TYPIC HAPLUSTERTS – VERTIC TROPAQUETPS

☛ Suelos Typic Haplusterts

Estos suelos se localizan en las napas; de los vallecitos. El relieve es plano cóncavo; pendientes: 0-3%; Químicamente estos suelos son de reacción neutra; capacidad catiónica de cambio y saturación de bases altas; pobres en fósforo y moderados en materia orgánica en el primer horizonte; la fertilidad es alta.

La poca profundidad efectiva y los altos contenidos de arcilla son los limitantes para el uso y manejo.

☛ Suelos Vertic Tropaquepts (Perfil PS-7).

Se localizan en las cubetas de los vallecitos, relieve ligeramente ondulado; con pendiente 0-3%. Las características químicas de estos suelos son: reacción neutra en la superficie y moderadamente ácida en profundidad capacidad catiónica de cambio y saturación de bases y materia orgánica altas, fósforo aprovechable bajo. La fertilidad es alta.

Los mayores limitantes para el uso y manejo de estos suelos lo constituyen el drenaje pobre y los niveles freáticos altos.

2.2.2 Suelos de valle.

Asociación VERTIC TROPAQUETPS - FLUVENTIC USTROPEPTS – ENTIC HAPLUSTERTS.

☛ Suelos Vertic Tropaquetps

Estos suelos se localizan en las cubetas de las vegas, en altitudes que fluctúan entre 0 y 200 msnm; el relieve predominante es ligeramente plano; las pendientes son de 0-3%; son superficiales, limitados por el nivel freático fluctuante, muy probablemente drenados.

Químicamente presentan alta saturación de bases totales y capacidad catiónica de cambio; medio a bajo contenido de fósforo; muy alto contenido de materia orgánica en el primer horizonte y bajo en los inferiores; reacción fuertemente ácida, moderadamente ácida y neutra; fertilidad alta.

☞ Suelos Fluventic Ustropepts

Estos suelos se localizan en la napa; son moderadamente profundos limitados por las fluctuaciones del nivel freático y moderadamente bien drenados. La textura es arcillosa y la estructura en bloques subangulares, media, moderada.

Químicamente presentan alta saturación de bases y capacidad catiónica de cambio; bajo contenido de fósforo y de materia orgánica; reacción moderadamente ácida en todos los horizontes y fertilidad moderada.

☞ Suelos Entic Haplusterts

Estos suelos se localizan en los rebordes de las cubetas, son moderadamente profundo, limitados por horizontes arcillosos compactos; el drenaje natural es imperfecto.

Químicamente son suelos con alta saturación de bases y capacidad catiónica de cambio; contenido medio de bases totales en los horizontes superiores y alto en los inferiores; contenido medio de la materia orgánica en el horizonte superior y bajo en los inferiores; bajo contenido de fósforo en todos los horizontes; reacción neutra, ligeramente alcalino y moderadamente alcalino en profundidad; su fertilidad es moderada. IGAC, 1998.

2.3 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LAS UNIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

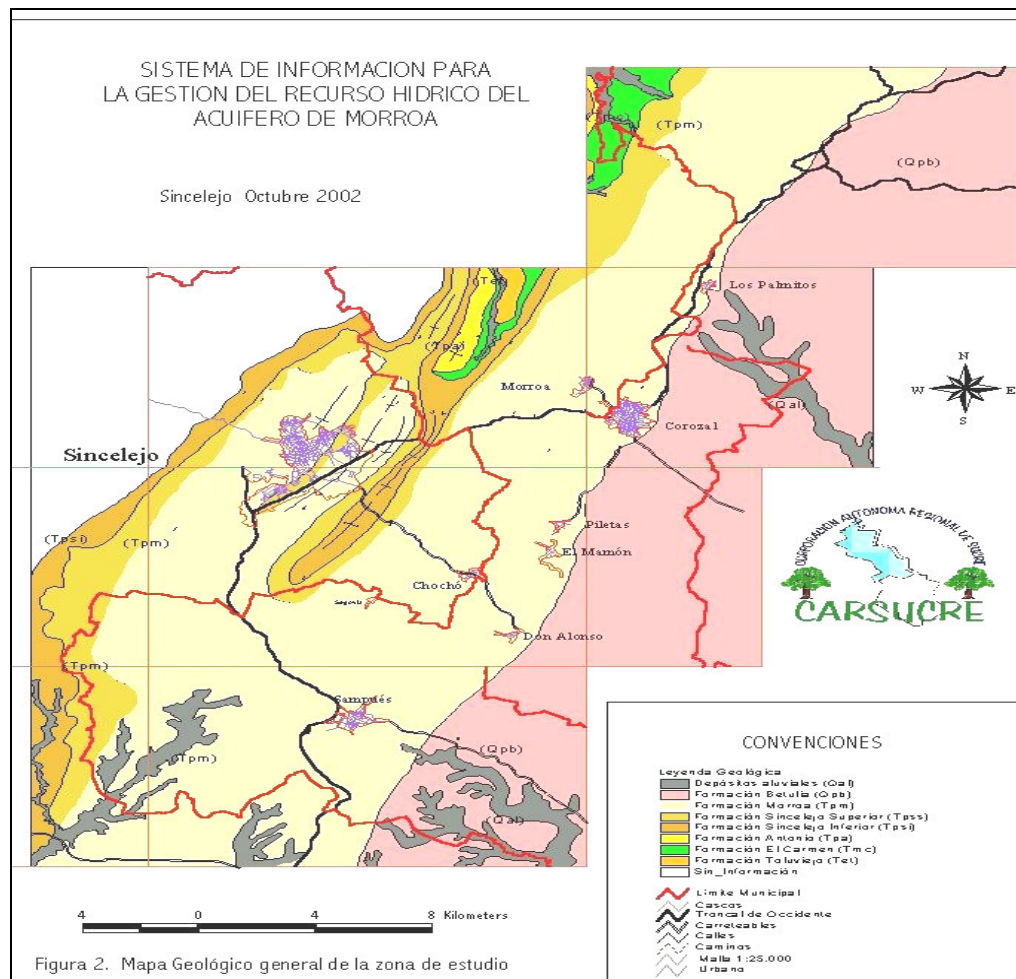
Las siguientes son las unidades litológicas que afloran en el área de estudio.

➤ **Formación Sincelejo Superior (Tpss).** Litológicamente consta de un conjunto de areniscas micáceas de grano fino a medio, poco cementada con cemento arcilloso, alternado con areniscas conglomeráticas compuestas por cantos de

litas y cuarzo mejor cementado donde el cemento calcáreo es dominante, INSFOPAL (1981)

De acuerdo al estudio hidrogeológico realizado por el INGEOMINAS (1992), la formación Tps pertenece al periodo terciario, época plioceno. El espesor varía entre 90 y 300m. Aflora en la parte central del área de estudio “Loma Santa Elena”.

Figura 2 Mapa del área de estudio.



Fuente: Carsucre 2001.

➤ **Formación Morroa (Tpm).** Consta de un conjunto de areniscas friables con intercalaciones de conglomerados mal cementados formados por pequeños

cantos de cuarzo, lutita y areniscas y delgadas capas de arcilla con nódulos calcáreos. Se caracteriza principalmente por los rápidos cambios de facies tanto laterales como verticales. En su mayor parte presenta dirección N 25° E y una inclinación hacia el Este, variable, entre 25° en la base y de 5° a 6° en el techo. Descansa con un ángulo cerca de 20° de inclinación sobre el Sincelejo Superior, que presenta cerca al tope una inclinación de 45°, lo cual indica una posible discordancia entre las dos formaciones. El contacto superior con la Formación Betulia es aparentemente concordante.

El período al que pertenece esta formación corresponde al terciario, edad plioceno INGEOMINAS, (1992).

El espesor también es variable, alcanzando su mayor potencia en la zona central entre Corozal y Sincelejo donde tiene unos 500 metros disminuyendo notoriamente al norte donde su espesor es de unos 300 metros en Ovejas, INSFOPAL (1981). Dentro de la formación Morroa el INGEOMINAS, en 1992, delimita dos zonas, la primera, Tpm1, que es la zona arenosa y la segunda, Tpm2, la cual es predominantemente arcillosa.

➤ **Formación Morroa Arenosa (Tpm1).** Esencialmente arenosa se extiende en una franja desde las vecindades del corregimiento de Don Alonso en Corozal, hasta el corregimiento de Flor del Monte en Ovejas cerca al Salado; esta zona en los alrededores de Sincelejo aflora esporádicamente cubierta por sedimentos más recientes, en el área de estudio se extiende desde los corregimientos de Canta Gallo y Pileta en Corozal, hasta las Flores en Morroa, coincide con la división de aguas de la cuenca del Arroyo Grande de Corozal. Esta formación esta constituida por areniscas de color gris muy friable con estratificación muy cruzada, localmente numerosos nódulos de arenisca calcárea intercalaciones de conglomerados y arcillolitas, INGEOMINAS (1992).

➤ **Formación Morroa Arcillosa (Tpm2).** Aflora al occidente del área de estudio y está constituida por un conjunto de arcillolitas de diferentes colores ínter estratificados con areniscas conglomeráticas de color amarillo y ocasionalmente lentes de conglomerados, INGEOMINAS (1993).

➤ **Formación Betulia (Qpb).** Se localiza al oriente de la zona estudiada, suprayaciendo a la formación Morroa en forma discordante. Esta constituido por un conjunto e carácter lacustre caracterizado por una serie monótona de arcilla arenosa y arcilla plástica y gravas, con frecuentes cambios laterales de facies, INGEOMINAS, (1993).

Esta formación pertenece al período Cuaternario y edad pleistoceno. Su espesor de acuerdo a las compañías petroleras es de 1500 – 1700 metros, INSFOPAL, (1981).

2.4 HIDROGEOLOGÍA

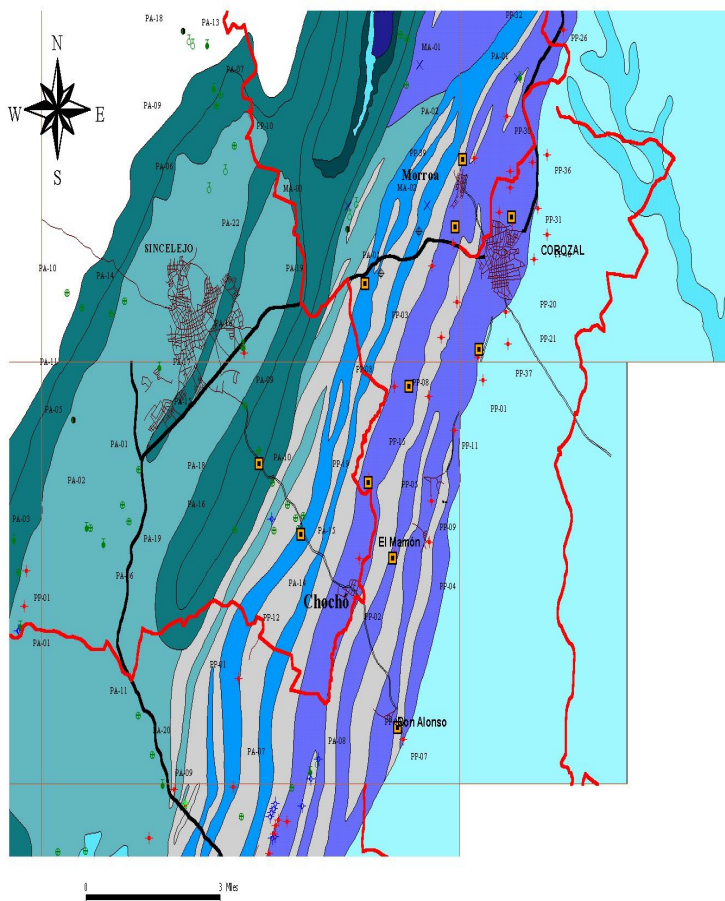
Según el estudio más reciente de CARSUCRE (SIGAS 2001), realizado por FINAGUAS, los materiales geológicos que se encuentran en la zona de estudio se pueden clasificar en base a su facilidad para almacenar y transmitir el agua en:

- Acuíferos de permeabilidad primaria: Como las rocas que conforman la formación Tolú viejo.
- Acuitardos: Los rendimientos de la formación Betulia y la formación El Carmen.

Teniendo en cuenta ésta primera subdivisión además de las características topográficas, geológicas (composición litológica y disposición estructural), hidráulicas (permeabilidad conductividad hidráulica y almacenamiento) y químicos de los materiales del área de estudio se diferenciaron 6 unidades hidrogeológicas (mapa 3).

2.4.1 Unidad Hidrogeológica 1 (U. H. 1). La conforman los depósitos aluviales de los principales arroyos que hay en la zona, presenta una permeabilidad primaria moderada y una estructura favorable para la recarga, por su escaso espesor tiene poco almacenamiento. Los espesores de ésta unidad no sobrepasan los 15 metros.

Figura 3. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.



Fuente: CARSUCRE, 2001.

Litológicamente está constituida por arenas, gravas, limos y arcillas. El carácter permeable de alguno de sus componentes y su poco espesor hace que esta unidad se considere de alta vulnerabilidad a la contaminación y más si se le tiene

en cuenta su relación con las aguas superficiales sobre las cuales se hacen los vertimientos líquidos que genera la población. La recarga de ésta unidad es principalmente por aguas lluvias.

2.4.2 Unidad Hidrogeológica 2 (U. H. 2). En general se considera ésta unidad hidrogeológica como un Acuitardo, debido a su carácter predominante arcilloso. Sin embargo las capas permeables de ésta unidad, se encuentran confinadas, son de espesor variable y no tienen recarga directa por aguas lluvias. Se presume una recarga por goteo de los sedimentos arcillosos que la confinan. Su espesor aumenta hacia el oriente.

2.4.3 Unidad Hidrogeológica 3 (U. H. 3). Es la de mayor importancia en la zona de estudio del presente trabajo. Corresponde con los sedimentos de la formación Morroa. Se encuentra en la parte del área estudiada, conformando una franja ancha y alargada de dirección SW – NE y es la unidad hidrogeológica más explotada de la zona.

2.4.3.1 Características Hidrogeológicas. El Acuífero Morroa es un Acuífero complejo, constituido por capas de areniscas y conglomerados poco consolidados, intercalados con capas de arcillolitas, producto de la sedimentación detrítica en un ambiente típico de abanico aluvial y cauces aluviales. (Herrera 1997, referenciado por SIGAS – 2001).

Estructuralmente éste Acuífero se encuentra dispuesto en forma monoclinal, en su mayor parte presenta dirección N 25° E y una inclinación hacia el este, variable, entre 25° en la base y de 5° a 6° en el techo. Descansa con un ángulo cerca de 20° de inclinación sobre el Sincelejo Superior, que presenta cerca del tope una inclinación de 45°, lo cual indica una posible discordancia entre las dos formaciones.

Tiene un espesor variable de hasta 500 metros. (Rodríguez, 1993, 46). “Teniendo en cuenta estudios anteriores se subdividió el Acuífero Morroa en cuatro grupos principales”¹.

- Formación Morroa areno – conglomerática: La conforman los niveles acuíferos A y B
- Formación Morroa arenosa: Corresponde con los niveles acuíferos C y D.
- Formación Morroa areno – arcillosa: Constituida por los niveles E y F.
- Formación Morroa arcillosa: La conforman las capas y lentes de arcilla que separan los niveles acuíferos de la formación ... véase figura 3 ...
- Formación Morroa areno – conglomerática: La conforman los niveles acuíferos A y B
- Formación Morroa arenosa: Corresponde con los niveles acuíferos C y D.
- Formación Morroa areno – arcillosa: Constituida por los niveles E y F.
- Formación Morroa arcillosa: La conforman las capas y lentes de arcilla que separan los niveles acuíferos de la formación ... véase figura 3 ...

2.5 TIPO DE OCURRENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

2.5.1 Tipo de acuífero. El acuífero Morroa es multicapas, en el área de recarga se comporta como acuífero libre, ya que la capa superior o techo del acuífero está conformado por material permeable (Arenas y Gravas). Cárdenas, et al 1997.

¹ CARSUCRE – FINAGUAS. Sistema de información para la gestión del recurso hídrico en el Acuífero de Morroa (SIGAS). Sincelejo, 2001. Pág. 86.

Tabla 1. Formaciones geológicas en el área de estudio.

UNIDAD GEOLÓGICA		TIPO DE ACUIFERO
Formación Morroa (Tpm)	Areniscas de color gris con diferentes nódulos de areniscas calcáreas e intercalaciones de conglomerados y Arcillolitas	NO CONFINADO
Formación Sincelejo Superior (Tpss)	Areniscas De grano grueso y conglomerados e intercalaciones de arcillas.	SEMICONFINADO
Formación Betulia (Qpb)	Arcillolitas abigarradas con intercalaciones de pequeños paquetes arenosos	CONFINADO

Cárdenas, et al 1997.

2.6 PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA O DEL TECHO DEL ACUÍFERO

En la formación Morroa, los niveles estáticos se encuentran a una profundidad entre 24.8 a 60.4 metros.

En la formación Sincelejo Superior la profundidad freática se encuentra entre 5 a 20 metros.

En la formación Betulia la profundidad freática se encuentra entre rango de 27.1 y rangos mayores de 100 metros.

En la Tabla N° 2, se presentan los valores que le corresponden a cada formación, según la profundidad del nivel estático en que se encuentren los pozos.

Tabla 2. Profundidad del nivel freático.

FORMACIÓN	PROFUNDIDAD FREÁTICA
Formación Morroa	24.8 – 60.4
Formación Sincelejo Superior	5 – 20
Formación Betulia	> 100

Cárdenas, et al 1997.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 CONCEPTO GENERAL DEL MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO

El componente líquido en el suelo es generalmente que el agua al levantarse la superficie del terreno, se distribuye por él, quedando sometida a fuerzas de absorción de las partículas de materia orgánica y de los elementos inorgánicos.

La cantidad de agua en el suelo esta en relación con los espacios porosos, ya que al agregar agua en la superficie del suelo el agua emigra hacia abajo por fuerzas de gravedad. También existe agua formando parte de la composición química de las rocas y el agua en forma de vapor. (Aguilera, 1976).

El movimiento del agua es el resultado de las fuerzas de cohesión entre las moléculas de aguas adyacentes, dando como resultado delgadas películas de agua que se retienen fuertemente sobre la superficie de las partículas, haciéndolas relativamente inmóviles, mientras que en otras delgadas películas de agua son más móviles y pueden desplazarse de partícula a partícula, tanto lateral como verticalmente. (Custodio, 1979).

3.1.1 Movimiento del agua en el suelo. El suelo es un sistema abierto hacia la atmósfera y hacia los estratos litológicos subyacentes y adyacentes.

En condiciones naturales la humedad del suelo cambia continuamente. Cuando el agua de lluvia o riego moja el suelo, penetra y se distribuye inicialmente con cierta rapidez y luego su velocidad va disminuyendo sin llegar a detenerse aun después de que haya terminado su aplicación.

El agua continuamente se va desplazando en forma gradual hacia estratos inferiores (percolación), hacia la superficie del suelo (evaporación), o hacia las raíces de las plantas (evapotranspiración).

3.1.2 Factores que afectan el movimiento del agua en el suelo. Hay muchos factores que afectan la dinámica del movimiento del agua en el suelo, por lo tanto, es muy difícil llegar a determinar su valor exacto. Las determinaciones que se hacen para estimarla, tiene el propósito de obtener un valor de ésta que refleje en forma cercana las condiciones reales del movimiento del agua en el suelo. Algunos factores que afectan la conductividad hidráulica o movimiento del agua son los siguientes:

Tamaño de las partículas: Los constituyentes sólidos predominantes en los suelos son minerales y análisis de su distribución interna indica que esta depende en forma general de la naturaleza y disposición de las partículas que la forman.

Porosidad del sistema: Las variaciones de forma, volumen y orientación de los poros del suelo son tan significativas, que modifiquen por completo el carácter del movimiento del agua en su interior.

Formas de las partículas: Esta tiene influencia en el valor del perímetro de la sección transversal de los poros, lo cual constituye un factor determinante para la compactación de los suelos y para la conductividad hidráulica, según Montenegro, H. Y Malagón, D., 1990.

Distribución de partículas: Esta influye en el valor de la conductividad hidráulica por la diferencia del tamaño de las partículas en el suelo.

Contenido y distribución de las partículas de arcilla: Debido a su constitución coloidal y lenticular, no obstruyen totalmente el movimiento del agua en el perfil del

suelo, pero si producen una disminución del gradiente hidráulico a causa del camino tortuoso y más largo que tiene que seguir el agua.

3.2 CONCEPTOS GENERALES SOBRE SUELO

El suelo, sustrato básico de la vida terrestre, esta formado por una mezcla compleja de interacciones dinámicas y constituyen un intrincado campo de estudio.

El suelo es un sistema complejo; consiste de componentes sólidos (minerales y orgánicos), irregularmente fragmentados, variadamente asociados y arreglados en un intrincado y complicado patrón geométrico.

☞ Según Aguilera (1976), en el estudio físico del suelo interesan los siguientes aspectos: Textura, estructura, porosidad, profundidad efectiva, drenaje interno y permeabilidad.

☞ Según IGAC (1990), entre las principales características físicas del suelo se tienen las siguientes: Color, textura, estructura, consistencia, temperatura, porosidad, capacidad de aire y de agua, compactación y profundidad efectiva radical.

3.2.1 Permeabilidad. Una característica asociada a la porosidad es la permeabilidad o facilidad que tiene el suelo para dejarse penetrar por los fluidos. No solo los valores absolutos de porosidad bastan para estimar la permeabilidad del suelo sino algunos otros factores como la geometría del sistema poroso. Así una estructura laminar deja una gran porosidad pero dificulta notablemente la circulación del agua, al igual que sucede cuando no existe una buena interconexión entre los componentes de la macro porosidad.

La permeabilidad depende de la porosidad total del suelo, del contenido de humedad y de la distribución del tamaño de poros. Cuando el suelo está saturado todos los poros están llenos de agua y actúan como conductores.

En esta condición la permeabilidad es máxima y tanto mayor si predominan poros grandes, como ocurre en suelos arenosos o bien granulados y estables. En condiciones insaturadas, los poros vacíos no conducen agua y disminuye entonces, el área efectiva para la transferencia de ésta.

La permeabilidad es función del contenido de humedad. Cuando los suelos presentan estructuras estables, la permeabilidad no cambia; sin embargo, si la estructura es inestable el suelo se degrada por expansión al mojarse y la permeabilidad cambia totalmente.

Tabla 3. Clasificación de la Conductividad Hidráulica.

Conductividad (cm/hora)	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 1.6	Moderadamente lenta
1.6 – 5.0	Moderada
5.0 – 12.0	Moderadamente Rápida
12.0 – 18.0	Rápida
>18.0	Muy rápida

Fuente: Física de suelos. IGAC. 1990.

3.2.2 Infiltración. Martínez (1981), la infiltración es la cantidad de agua que se infiltra por unidad de tiempo y bajo condiciones de campo, disminuye conforme la cantidad de agua que haya entrado. Esta es máxima al comenzar la aplicación del agua al suelo.

Malangón (1976), la infiltración se relaciona con la capacidad que presentan las capas u horizontes superficiales del suelo para absorber el agua aplicando al sistema.

Baver (1972), define la infiltración como un proceso de entrada del agua a través de la superficie del suelo en forma vertical y descendente y que forma parte del ciclo hidrológico. Según Malagón, (1976), referenciado por IGAC, 1990.

Norero (1974), la infiltración es un proceso de importancia técnica con el manejo eficiente de los recursos agua y suelo. La infiltración disminuye gradualmente con el tiempo, es máxima al comenzar el proceso, particularmente si el suelo esta seco y tiende luego progresivamente hacia el valor mínimo el cual se conoce como infiltración básica.

El Dr. Dani Or y el Dr. Jhon M., (1997), definen la infiltración basados en observaciones de campo como la entrada de agua en el perfil del suelo, dependiendo esta del contenido inicial del agua en el suelo, la conductividad hidráulica de la superficie del suelo, en el tiempo de aplicación del agua y la presencia de materiales heterogéneos en perfil.

El método más conocido para medir la infiltración es el de los llamados “cilindros infiltrómetros” y su interpretación se hace según la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de la Velocidad de Infiltración.

Infiltración (cm/hora)	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.00 – 6.3	Moderada
6.3 – 12.7	Moderadamente Rápida
12.7 – 25.4	Rápida
>25.4	Muy rápida

Fuente: Física de suelos. IGAC. 1990.

Entre los factores más importantes que afectan a infiltración tenemos los siguientes:

- ✧ Capacidad de entrada del agua en la superficie.

- ✧ Transmisión a través del suelo.
- ✧ Capacidad de almacenamiento disponible en el suelo.
- ✧ Características del suelo y agua.

3.3 ECUACIÓN DE KOSTIAKOV

Kostiakov (1932) propuso una ecuación empírica que ha demostrado una gran aceptación para ser utilizadas en las prácticas de riego. A pesar de que las unidades y dimensiones de los parámetros C y α parecen no tener significado, si se pueden interpretar físicamente. El parámetro C representa la lámina de agua infiltrada durante el primer minuto y depende de la estructura y de las condiciones que tiene el suelo al inicio de la aplicación del agua.

El parámetro α es un indicativo de que cómo la tasa de infiltración decrece con el tiempo de aplicación del agua y por consiguiente, depende de los cambios que puedan ocurrir en la estructura del suelo como efecto del humedecimiento, Forero (1977).

El modelo de Kostiakov esta representado por la ecuación:

$$i = C t^\alpha \quad \text{Donde:}$$

i es el volumen de agua que se infiltra en una unidad de sección transversal y se expresa en lámina, cm.

C es el valor i en el primer minuto.

α es la pendiente de la línea o la tasa de i que depende de las características del suelo.

t representa el tiempo a partir de la iniciación de la aplicación del agua.

Cuando se deriva esta ecuación se obtiene la velocidad de infiltración o infiltración instantánea que está dada en cm/hr, así: $i = C t^{-\alpha}$

4. MATERIALES Y EQUIPOS

- Barrenos Holandeses de extensión grande y pequeño.
- Baldes, bolsas y canecas plásticas.
- Palas y Barreton.
- Cintas métricas de 1.5 m. Y 3 .0 m.
- Estufa con temperatura controlada.
- Balanzas de platillo (e = 0.1 g r).
- Equipo de permeabilidad y accesorio.
- Anillos concéntricos metálicos.
- Cápsulas de humedad herméticas.
- Equipo de boya y rejilla graduada.
- Cronometro.
- Hidrómetro tipo 152 H.
- Probetas graduadas de 100 – 250 ml.
- Tabla de anotaciones.
- Termómetro de 10°C a 150°C.
- Fotómetro de llama.
- Equipos de complexometria y fotometría.
- Computador e impresora.
- Cámara fotográfica y/o vídeo.
- Reactivos requeridos para ensayos químicos.

5. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se dividió la metodología en trabajo de campo, y de laboratorio, así:

5.1 TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron Once (11) excavaciones a cielo abierto (apiques) de dimensiones mínimas de 1x1x1 metros, en los sitios escogidos, basados en el mapa final del trabajo de grado de Emilia Cárdenas y Ana Garrido en 1997. Las cuales fueron realizadas sobre las zonas de alta y media vulnerabilidad y se dividieron en tres (3) zonas de la siguiente manera:

Figura 4. Perfiles de la Pesebrera y la Garita.



Perfil de La Pesebrera



Perfil la Garita

- ZONA N° 1 Morroa

Apique N° 1 Bremen (finca Villa Rubí)

Apique N° 2 La Pesebrera (detrás de la finca Villa Mady)

Apique N° 3 El Rosario (Finca San Pedro)

- ZONA N° 2 Corozal

Apique N° 4 Vía a Pileta (finca la Concepción)

Apique N° 5 El Mamón (a 50 m del pozo profundo)

Apique N° 6 Las Tinas (a 30 m del pozo profundo)

Apique N° 7 Liceo (al oriente del liceo Carmelo Percy Vergara, a 100 m del P.P)

Apique N° 8 Don Alonso (a 30 m del pozo profundo)

- ZONA N° 3 Sincelejo

Apique N° 9 Las Palmas (a 50 mts del tanque de distribución)

Apique N° 10 La Garita (Vía Sincelejo a Chochó)

Apique N° 11 Canta Rana (Vía Sincelejo a Chochó)

Se describieron los perfiles detalladamente con respecto a su espesor y profundidad de los estratos u horizontes, clasificación y descripción visual de los materiales encontrados.

Se tomaron muestras disturbadas e indisturbadas de suelo por horizonte, para sus respectivos ensayos de laboratorio.

5.2 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN EL CAMPO MÉTODO DEL POZO BARRENADO INVERTIDO O DE PORCHET

Para la aplicación de este método se siguieron los siguientes pasos:

☒ Se escogió un sitio representativo del área a la cual se le debe determinar la conductividad hidráulica.

✎ Se realizó la descripción del perfil del suelo, hasta una profundidad mínima de 1.0 m, de tal forma que se observaron las diferenciaciones de horizontes y la influencia del nivel freático, esto se pudo apreciar por los colores moteados que tomo el suelo cuando ha estado saturado a consecuencia de un nivel freático alto. Lo anterior es importante, para conocer cual es el comportamiento de la conductividad y su relación con el drenaje interno.

✎ Se determino la profundidad hasta la cual se perforo el pozo. Es muy importante que la periferia del hoyo se mantenga libre de material compactado o embarrado. Esto requerirá cepillar las paredes de los hoyos después de abierto. Usar agua limpia para la prueba y posiblemente rellenar el hoyo con grava, a fin de evitar socavamientos y enlodamiento. Se midió el diámetro del pozo.

✎ Se Procuró después de construido el pozo, durante 24 horas mínimo, mantener el pozo lleno de agua. Al mismo tiempo se procuró humedecer fuerte y permanente la zona aledaña al pozo, en un radio de por lo menos 1m. El propósito de lo anterior, es intentar simular unas condiciones de saturación tanto en el pozo como a sus alrededores.

✎ Después de logrado el objetivo del punto anterior, se instaló el equipo del flotador.

✎ Se Llenó el pozo con agua, e inmediatamente se colocó el flotador para registrar y poder determinar h_1 , o sea, el tirante del agua y tomar allí el tiempo cero (t_1).

✎ Posteriormente, se registraron los descensos y los tiempos tardados, para así obtener h_2 y t_n y calcular los K.

Figura 5. Método de Porchet “el Rosario”



Cálculos:

$$K = 1.15 \cdot r \cdot \frac{\text{Log}(h_1 + r/2) - \text{Log}(h_2 + r/2)}{t_n - t_1}$$

Donde:

- R Radio del pozo (cm)
- h_1 Tirante inicial del agua en el pozo (cm)
- h_2 Tirante final del agua en el pozo (cm)
- t_n Tiempo que tarda el agua en bajar del nivel inicial al final (seg.)
- t_1 Tiempo inicial ensayo (cm/seg.)

MÉTODOS DE LABORATORIO

➤ Determinaciones físicas del suelo:

Propiedad	Método utilizado
Textura.	Bouyoucos.

Densidad aparente	Cilindro y terrón parafinado.
Densidad real.	Picnómetro.
Permeabilidad.	Permeámetros (cabeza Variable).
Capacidad de campo.	Método gravimétrico.
Punto de marchites permanente	Método biológico.

➤ **Determinaciones químicas del suelo:**

Propiedad	Método utilizado
pH.	Potenciométrico.
Sodio y Potasio.	Fotometría de llama.
C.I.C.	Acetato de Amonio 1N y Neutro.
Calcio y Magnesio.	Complexometria.
Fósforo disponible.	Bray II.
Materia orgánica.	Walkley – Black.
Conductividad eléctrica.	Conductímetro.

5.3 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN EL LABORATORIO MÉTODO DE CABEZA VARIABLE

Procedimiento

- ☞ Se determino el peso y la densidad de la muestra que se utilizo en el ensayo.
- ☞ Colocamos la muestra en el cilindro a la densidad de trabajo y determinamos su peso y el volumen de suelo introducido, previo peso del cilindro vacío.
- ☞ Colocamos un papel filtro sobre la parte superior de la muestra contenida en el cilindro, enrasamos cuidadosamente el material en el molde y ajustamos firmemente la tapa, ésta contenía una válvula a la cual se ajusto la entrada de la tubería del agua proveniente de la bureta del permeámetro.

☞ Posteriormente conectamos a la válvula de salida un tramo largo de tubería de caucho. Introducimos el cilindro en una cubeta llena de agua, de forma que la tapa quedo sumergida unos 5 cm debajo del nivel superior de agua. Aseguramos que la válvula del cilindro este abierta, de manera que el agua pudo entrar desde abajo a través de la muestra para saturarla completamente.

☞ Cuando el agua alcanzo la altura de equilibrio del tubo plástico que se conectó a la válvula de entrada del cilindro, se puede suponer que el proceso de saturación ha concluido, un periodo de 24 – 36 horas es adecuado para alcanzar estas condiciones.

☞ Una vez saturada, cerramos la llave superior, sacamos de la cubeta de inmersión y conectamos el tubo de entrada a la tubería principal del permeámetro.

☞ Desaireamos las líneas de entrada a la muestra, abrimos la válvula de entrada al cilindro y simultáneamente abrimos la válvula de la bureta que contiene el permeámetro. Una vez que se removi6 todo el aire que pudo estar atrapado, cerramos las válvulas.

☞ Medimos la cabeza hidráulica hasta una altura conveniente para obtener h_1 , inmediatamente iniciamos el flujo de agua, accionamos simultáneamente un cron6metro, dejamos que el agua corriera a trav6s de la muestra hasta llegar al h_2 deseado.

☞ Simultáneamente paramos el flujo y registramos el tiempo transcurrido y obtuvimos la cabeza hidráulica h_2 , recogimos el agua en un beaker y en un cilindro graduado medimos el caudal que sali6, registramos la temperatura del ensayo.

☞ Se repitió el ensayo utilizando los mismos valores h_1 y h_2 registrando los tiempos transcurridos, el volumen y la temperatura en cada ensayo, promediamos valores.

☞ Con los datos obtenidos se calculó el coeficiente de permeabilidad a la temperatura de ensayo y a 20°C, se obtuvieron correcciones para la viscosidad del agua a partir de la tabla de viscosidad vs T° , calculamos el K promedio correspondiente para ese suelo y esas condiciones.

Cálculos:

$$K_T = \frac{aL}{At} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad \text{donde}$$

a Área de la sección transversal de la bureta o tubería de entrada en cm^2

A Área seccional de la muestra de suelo, en cm^2

h_1 Cabeza hidráulica a través de la muestra al comienzo del experimento ($t = 0$)

h_2 Cabeza hidráulica a través de la muestra al final del ensayo ($t = t$)

L Longitud de la muestra en cm

t Tiempo transcurrido durante el ensayo, en segundos

\ln Logaritmo natural (en base 2.7182818...)

K_T Coeficiente de permeabilidad en cm/sg

$$K_{20} = \frac{K_T}{n_T} \times \frac{n_{20}}{n_{20}} \quad \text{donde}$$

n_T y n_{20} , Son las viscosidades de los fluidos a temperatura de ensayos y a la temperatura a 20°C (ver tabla N° 12.1, Bowles, 1984)

K_{20} Permeabilidad relativa a la temperatura de 20°C

5.4 DETERMINACIÓN DE LA INFILTRACIÓN EN EL CAMPO - METODO DE LOS ANILLOS CONCÉNTRICOS.

- Se escogió un sitio representativo del área a la cual se le determinó la infiltración.
- Se colocaron los anillos infiltrómetros sobre la superficie del suelo y se colocó una regla graduada en el cilindro interior.
- Se colocó un plástico para cubrir el suelo como las paredes del anillo interior.
- Se depositó agua en la corona circular entre los dos anillos manteniendo un nivel constante más o menos de 15 cm, esto se hace con el fin de garantizar que sean verticales las láminas de flujo.
- Se agregó una lámina de agua al anillo interior entre 10 y 15 cm de altura
- Seguidamente se procedió a retirar el plástico del anillo interior y se realizó la lectura inicial del nivel del agua con la regla, así como también la hora en que se realizó la lectura inicial y se registraron estos datos en el formato respectivo
- El nivel del agua en el anillo interior no debe dejarse llegar al fondo del suelo, para lo cual durante el proceso deberá adicionarse agua varias veces, anotando el tiempo correspondiente y el nuevo nivel, según se de el caso.
- Los intervalos de tiempo que se siguieron fueron relacionados con la textura de los suelos estudiados y la humedad natural de los suelos.

Figura 6. Método de los anillos concéntricos.



Anillos concéntricos “el Liceo”



Anillos concéntricos “el Rosario”

Cálculos: Con los datos obtenidos en el campo y aplicando regresión lineal a los datos anteriores, o sea t vs i y siguiendo el modelo de Kostiakov, se determinaron los valores de la infiltración acumulada e instantánea, así:

$$I = C t^n$$

Donde:

I = Infiltración Acumulada en Cm.

t = Tiempo en minutos

C = Constante adimensional que representa la lámina de agua infiltrada durante el primer minuto y depende de la estructura del suelo y las condiciones que tiene el mismo al inicio de la aplicación del agua.

n = Pendiente de la curva.

De donde se tiene: $\ln I = \ln C + n \ln T$

$$YI = b + m Xi$$

Como: $b = \ln C$ entonces: $C = \text{antiLn}(b)$

De esta manera se obtienen los resultados de la infiltración acumulada en cm.

$I_a = C t^n$, calculamos C , n y t

$I = Ct^n$, calculamos C , n y t

$$L_{AM} = C t^n$$

$$\text{Log } L_{AM} = \text{Log } C' + \text{Log } t^n$$

$$\text{Log } L_{AM} = \text{Log } C' + n' \text{Log } t$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ Y & = & b & + & mX & & \end{array}$$

Tenemos que $Y = b + m X$

Por medio de regresión lineal se determinó los valores de b y n'

$$C' = \text{ant Log } b$$

$$I_i = Ct^n \text{ (cm / hr)}$$

Cálculo de la infiltración básica (cm/hr)

Calculamos el tiempo básico de la siguiente manera:

$T_b = (-600) (n - 1)$, y reemplazamos T_b en la ecuación general hallamos la infiltración básica en cm/hr, $I_b = C (T_b)^n$

6. RESULTADOS

Para facilitar los análisis de los resultados se dividió el área de investigación en tres zonas determinada por cada municipio de estudio.

6.1 MUNICIPIO DE MORROA (ZONA # 1)

Comprende tres (3) puntos de estudio en este Municipio, los cuales son: Corregimiento de Bremen, Finca la Pesebrera y el Rosario, Finca San Pedro.

6.1.1 Bremen

6.1.1.1 Descripción De Perfil

El terreno en estudio tiene la siguiente información:

Apique # 1

Época de descripción: Seca

Posición geográfica: 152°18'53" N – 86°16'01" W

Localización: Morroa (Bremen) perfil del arroyo Canoas

Ubicación: Finca Villa Ruby a 10m de la estructura de control de erosión, arroyo el Alfiler.

Posición Geomorfológico: vallecitos.

Geología: Rocas Sedimentarias.

Relieve: ondulado Pendiente 0-25%

Topografía: Colinas, suaves o Biseptados

Material parental: arenisca conglomerada, arcillolitas.

Drenaje interno: mod. Drenado Drenaje externo: pobremente drenado

Drenaje natural: lig. Drenado.

Presencia de grietas: pocas

Uso actual: Ganadería extensiva, cultivos tradicionales.

Profundidad efectiva: 1.50 m. media

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 7. Descripción de perfil “Bremen”.

Horizonte	Perfil	Prof. cm	Observaciones y características
	Ap	0.0 80	Suelo franco arcilloso de color café muy pardo grisáceo,(2.5Y 3/2),con bloques angulares, finos y medios; moderada, duro ligeramente duro, pegajoso y adhesivo; reacción al HCl ligera, al H ₂ O ₂ alta, con poca presencia de raíces. %H 13.40.
	Bg	170	Suelo arcillo-arenoso, de color gris muy pardo (10YR 3/1); bloques angulares, finos, débil; muy duro, ligeramente duro, pegajoso y adhesivo; reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ alta, %H 7.58%
	Bw	250	Suelo arcilloso de color café olivo (2.5Y 4/3); bloques angulares, grandes finos y medios; fuerte, muy dura, muy adhesiva y muy plástica; reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ alta, Cohesiva; %H 21.66%
	Ab	285	Suelo franco arcillo arenoso de color café olivo claro (2.5Y 5/4); masivo; lig. Dura, muy friable, lig. Plástico y adhesivo; reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ alta; %H 13.28%
	E	453	Suelo franco arenoso de color café olivo claro (2.5Y 5/6); bloques angulares, finos, débil; muy dura, friable, muy plástico y adhesivo; reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ ligera; %H = 20.03%, limite difuso
	B	483	Suelo arcillo arenoso de color gris aceituna (5Y 5/2); sin estructura, suelto, no plástico no adhesivo; reacción al HCl ligera, al H ₂ O ₂ alta, arena suelta,%H = 21.12%
	C	X	Suelo franco arcilloso de color café olivo claro (2.5Y 5/6); fracturado; duro, friable, plástico y adhesivo; reacción al HCl ligera, al H ₂ O ₂ alta, %H = 23.25%

505 cm fin de la excavación, nivel freático profundo

6.1.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 5 Resumen propiedades físicas.

LOCALIZACIÓN: MORROA-BREMEN

APIQUE # 1

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt %	P.M.P. %	C.C %	A.Ap %	K(lab.) cm/hr
		% A	%Ar	%L							
E1	0 – 80	50.39	23.92	25.69	1.56	2.63	40.68	34.04	18.74	15.30	0.835
		F.Ar.A.									
E2	80 – 170	52.24	39.31	8.45	1.88	2.65	29.06	23.36	7.66	15.70	0.677
		Ar.A.									
E3	170 - 250	19.57	53.92	26.51	1.65	2.55	35.29	44.95	27.25	17.70	0.028
		Ar.									
E4	250 – 285	66.49	31.61	1.90	1.91	2.78	31.29	24.10	9.00	15.10	0.605
		F.Ar.A									
E5	285 – 453	80.85	17.12	2.03	1.74	2.85	38.95	23.90	9.1	14.80	2.44
		F.A.									
E6	453 – 483	58.03	40.84	1.13	1.81	2.63	31.18	22.20	5.9	16.30	0.569
		Ar.A.									
E7	483 – X	31.88	28.54	39.58	1.67	2.88	42.01	38.41	21.61	16.80	0.480
		F.Ar.									

D.Ap = Densidad Aparente
 P.M.P = Punto de Marchitez Permanente
 C.C = Capacidad de Campo
 A.Ap = Agua Aprovechable
 Ar = Arcilla

A = Arena
 L = Limo
 F = Franco
 K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)
 D.R = Densidad Real

6.1.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 6. Resumen propiedades químicas.

LOCALIZACIÓN: MORROA-BREMEN

APIQUE # 1

HOR.	PROF. (cm)	Ph	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 80	7.34	0.67	11.45	22.55	6.33	10.37	17.33	0.06
E2	80 – 170	8.17	0.65	21.92	24.75	3.88	10.48	25.57	0.58
E3	170 - 250	8.10	0.52	15.27	30.25	5.09	12.99	41.74	0.062
E4	250 – 285	8.47	0.85	45.33	20.35	2.67	10.74	5.26	0.042
E5	285 – 453	7.79	0.93	25.19	13.75	4.10	7.33	2.11	0.051
E6	453 – 483	8.24	0.21	20.69	23.92	6.7	13.53	20.76	0.045
E7	483 – X	7.47	0.38	53.03	28.05	10.92	23.40	3.10	0.046

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

Na = Sodio Intercambiable

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Tabla 7. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (Bremen).

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.75	Moderadamente Lenta
2	0.63	Moderadamente Lenta
3	0.63	Moderadamente Lenta
4	0.59	Moderadamente Lenta
5	1.18	Moderadamente Lenta
6	1.20	Moderadamente Lenta
Promedio	0.83	Moderadamente Lenta

Tabla 8. Resumen de infiltración en el campo (Anillos concéntricos). (Bremen).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r²
1	13.15	1.32	Mod. Lenta	$1.163T^{0.452}$	$31.52T^{-0.55}$	0.997
2	18.33	7.43	Mod. Rápida	$0.477T^{0.776}$	$22.21T^{-0.22}$	0.999
3	14.02	1.30	Mod. Lenta	$1.115T^{0.455}$	$30.46T^{-0.54}$	0.998
4	15.41	1.52	Mod. Lenta	$1.032T^{0.482}$	$29.83T^{-0.52}$	0.986
5	19.82	7.61	Mod. Rápida	$0.397T^{0.805}$	$19.21T^{-0.19}$	0.996
6	10.61	3.00	Moderada	$0.424T^{0.671}$	$17.08T^{0.33}$	0.992
Promedio	15.22	3.70	Moderada	$0.768T^{0.607}$	$25.05T^{0.39}$	0.995

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
r² = Índice de correlación.

6.1.2 La Pesebrera

6.1.2.1 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 2

Época de descripción: Fecha: octubre 25 de 2001

Posición geográfica: 152°32'00" N – 86°48'42" W

Localización: Finca Villa Madi (La Pesebrera)

Posición geomorfológico: Vallecito

Geología: Rocas Sedimentaria

Relieve: Plano cóncavo

Pendiente: 0 – 3% Topografía: plana

Material parental: Areniscas consolidadas, conglomerados y arcillolitas.

Drenaje interno: Lento

Drenaje externo: Lento

Drenaje natural: Pobre

Presencia de grietas: Pocas

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 80cm, ligeramente superficial

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 8. Descripción de perfil la pesebrera.

	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
E1	Ap	0.0 35	Suelo franco arcillo arenoso de color gris muy oscuro (5Y 3/1), bloques angulares, finos y medios, moderada, dura, muy friable, lig. Plástico y lig. Adhesivo, reacción al HCl leve, Al H ₂ O ₂ nula, %H
E2	Bw	90	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón aceituna claro (2.5Y 5/6), pequeños bloques angulares, finos y medios, débil, dura, friable, Plástico y lig. Adhesivo, reacción al HCl muy leve, Al H ₂ O ₂ muy leve, limite difuso, %H
E3	C	X	Suelo franco arcillo arenoso de color negro (5Y 2.5/2), bloques angulares, grandes finos y medios, moderada, muy dura, muy firme, Plástico y lig. Adhesivo, reacción al HCl leve, Al H ₂ O ₂ muy leve, %H

135 cm fin de la excavación

6.1.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 10. Resumen Propiedades Físicas LOCALIZACIÓN: MORROA-LA PESEBRERA APIQUE # 2

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		% A	%Ar	%L							
E1	0 – 30	55.12	25.71	19.17	1.59	2.515	36.78	34.17	15.1	19.07	1.254
		F.Ar.A									
E2	30 – 90	42.15	26.43	31.42	1.73	2.415	28.36	33.81	15.4	18.41	1.002
		F.Ar.A									
E3	90 - X	46.36	28.56	25.08	1.63	2.435	33.06	36.15	16.75	19.40	1.170
		F.Ar									

D.Ap = Densidad Aparente
 P.M.P = Punto de Marchitez Permanente
 C.C = Capacidad de Campo
 A.Ap = Agua Aprovechable
 Ar = Arcilla

A = Arena
 L = Limo
 F = Franco
 K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)
 D.R = Densidad Real

6.1.2.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 11. Resumen Propiedades Químicas. LOCALIZACIÓN: MORROA-LA PESEBRERA APIQUE # 2

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 30	6.44	0.38	20.15	31.95	11.22	18.51	2.08	0.143
E2	30 – 90	6.73	0.29	22.83	24.82	8.89	13.89	1.91	0.128
E3	90 – X	6.98	0.15	30.35	23.10	8.55	11.18	1.86	0.106

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

Na = Sodio Intercambiable

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Tabla 12. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (La Pesebrera).

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.53	Moderadamente lenta
2	0.81	Moderadamente lenta
3	0.11	Lenta
4	1.90	Moderadamente
5	0.08	Muy lenta
6	1.00	Moderadamente lenta
Promedio	0.74	MODERADAMENTE LENTA

Tabla 13. Resumen de infiltración en el campo (Método anillos concéntricos). (La Pesebrera).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	9.87	2.41	Moderada	$0.653T^{0.589}$	$23.09T^{-0.43}$	0.967
2	12.01	1.32	Mod. Lenta	$0.589T^{0.530}$	$18.73T^{-0.47}$	0.970
3	10.43	1.53	Mod. Lenta	$0.311T^{0.625}$	$11.67T^{-0.37}$	0.969
4	11.14	1.76	Mod. Lenta	$0.205T^{0.696}$	$8.57T^{-0.30}$	0.997
5	12.51	1.57	Mod. Lenta	$0.259T^{0.651}$	$10.12T^{-0.35}$	0.987
6	11.93	0.72	Mod. Lenta	$0.460T^{0.489}$	$13.50T^{-0.51}$	0.901
Promedio	11.32	1.55	MOD. LENTA	$0.413T^{0.597}$	$14.28T^{-0.41}$	0.965

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.1.3 El Rosario

6.1.3.1 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 3

Época de descripción: seca

Posición geográfica: 152°48'00" N – 86°51'00" W

Localización: Finca San Pedro (Morroa)

Geología: Rocas Sedimentaria

Relieve: Moderadamente Ondulado

Pendiente: 7-12%

Topografía: Colinas Bisectadas

Material parental: Areniscas y Caliza.

Drenaje interno: Rápido

Drenaje externo: Rápido.

Drenaje natural: Excesivo

Presencia de grietas: pocas.

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 1.35 m.

Raíces vivas y muertas: Distribución natural estándar.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 9. Descripción de perfil “el Rosario”.

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 40	Suelo franco arcilloso de color gris pardo oscuro 2.5Y 3/1, bloques angulares, finos a medios, moderados a fuerte, duro firme, plástico y ligeramente adhesivo, reacción al HCl poca, al H ₂ O ₂ media.
	Bw	95	Suelo franco arcillo arenoso de color grisáceo muy pardo 10 YR 3/2, bloques angulares, finos y medios, débil, muy duro, ligeramente duro, pegajoso y adhesivo reacción al HCl media, al H ₂ O ₂ nula. Limite difuso.
	C	X	Suelo franco de color amarillo rojizo 7.5 YR 6/6, bloques angulares, finos y medios, débil, muy duro, firme ligeramente adherente y plástico, reacción al HCl nula al H ₂ O ₂ nula.

440 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.1.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 14. Resumen propiedades Físicas. LOCALIZACIÓN: MORROA-EL ROSARIO APIQUE # 3

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		%A	%Ar	%L							
E1	0 – 35	51.03	37.12	16.85	1.48	2.78	46.76	33.96	15.6	18.36	0.475
		F.Ar.A									
E2	35 – 90	53.62	22.07	24.31	1.58	2.47	36.03	34.08	15.1	18.98	0.142
		F.Ar.A.									
E3	90 – X	47.81	26.15	26.04	1.66	2.44	31.97	33.65	15.4	18.25	0.641
		F.Ar.A									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.1.3.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 15. Resumen propiedades Químicas. LOCALIZACIÓN: MORROA-EL ROSARIO APIQUE # 3

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 35	6.50	1.23	21.19	14.96	4.74	7.02	3.56	0.11
E2	35 – 90	8.63	0.94	20.55	16.50	2.70	8.65	1.78	0.096
E3	90 – X	8.24	0.75	18.67	16.68	3.88	10.18	2.58	0.04

M.O = Materia Orgánica
 P = Fósforo (partes por millón)
 C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico
 Na = Sodio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable
 Mg = Magnesio Intercambiable
 K = Potasio Intercambiable

**Tabla 16. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(El Rosario)**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	1.58	Moderadamente lenta
2	1.00	Moderadamente lenta
3	0.62	Moderadamente lenta
4	0.19	Lenta
5	1.28	Moderadamente lenta
6	0.74	Moderadamente lenta
Promedio	0.90	Moderadamente lenta

**Tabla 17. Resumen de infiltración en el campo (Método anillos concéntricos).
(El Rosario).**

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	16.15	4.09	Moderada	$0.713T^{0.644}$	$27.57T^{-0.36}$	0.995
2	14.08	2.02	Moderada	$0.487T^{0.604}$	$17.66T^{-0.40}$	0.995
3	11.32	2.41	Moderada	$0.726T^{0.577}$	$25.13T^{-0.42}$	0.995
4	15.21	1.05	Mod. Lenta	$0.370T^{0.558}$	$12.37T^{-0.44}$	0.997
5	13.20	1.84	Mod. Lenta	$0.342T^{0.636}$	$13.05T^{-0.36}$	0.998
6	10.67	1.14	Mod. Lenta	$0.448T^{0.544}$	$14.64T^{-0.46}$	0.995
Promedio	13.44	2.09	Moderada	$0.514T^{0.594}$	$18.41T^{-0.41}$	0.996

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.2 MUNICIPIO DE COROZAL ZONA # 2

6.2.1 Vía a Pileta

6.2.1.1 Descripción Estratigrafica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 4

Época de descripción: seca

Posición geográfica: 152°03'02" N – 86°56'99" W

Localización: Corozal Vía a Pileta

Ubicación: (finca la Concepción) a 30m hacia el norte del PP36

Geología: Rocas Sedimentaria

Relieve: Ondulado Pendiente: 0-25%

Topografía: Colinas Bisectadas

Material parental: Areniscas ferruginosas consolidadas.

Drenaje interno: Lig. Rápido

Drenaje externo: Lig. Rápido.

Drenaje natural: Bien drenado

Presencia de grietas: pocas.

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 1.20 cm.

Raíces vivas y muertas: Distribución natural estándar.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 10. Descripción de perfil “Vía a Pileta”

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 27	Suelo franco de color gris oscuro (5Y4/1), bloques angulares, finos a medios, moderada a fuerte; duro, firme, plástico y ligeramente adhesivo; poros abundantes; reacción al HCl media, al H ₂ O ₂ nula, %H = 12.64%
	B	110	Suelo franco de color amarillo olivo (2.5Y6/8); pequeños bloques angulares, finos, débil; muy duros, firmes, no adherentes y ligeramente plástico; pocas raíces, reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ leve, %H = 12.09%
	E	X	Suelo franco Arenoso de color amarillento (2.5Y7/6); forma masiva, sin estructura; dura, muy firme, no adhesivo y plástico; reacción al HCl lenta, al H ₂ O ₂ leve; , %H = 11.46

136 cm fin de la excavación.

6.2.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 18. Resumen propiedades Físicas.

LOCALIZACIÓN: COROZAL-PILETA

APIQUE # 4

HOR.	PROF (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A. Ap. %	K (lab.) cm/hr
		% A	% Ar	% L							
E1	0 - 27	50.71	13.97	35.32	1.45	2.50	42.0	34.53	14.7	19.83	0.093
		F.									
E2	27 – 110	49.28	8.26	42.46	1.63	2.71	39.85	35.51	13.8	21.71	0.540
		F.									
E3	110 - X	53.57	13.97	32.46	1.74	2.75	36.73	31.85	12.5	19.35	0.420
		F.A.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.2.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 19. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: COROZAL VIA PILETA APIQUE # 4

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0-27	7.43	0.71	91.16	23.37	11.42	4.20	1.48	0.173
E2	27-110	7.80	0.52	86.79	27.50	11.48	5.96	3.75	0.045
E3	110-X	7.93	0.35	58.95	28.05	10.71	4.39	2.79	0.030

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

**Tabla 20. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(Vía Pileta).**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.98	Moderadamente lenta
2	1.06	Moderadamente lenta
3	1.38	Moderadamente lenta
4	1.39	Moderadamente lenta
5	1.00	Moderadamente lenta
6	1.66	Moderada
Promedio	1.25	Moderadamente lenta

Tabla 21. Resumen de infiltración en el campo (método de anillos concéntricos). (Vía Pileta).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r²
1	14.93	1.63	Mod. Lenta	$1.021T^{-0.491}$	$30.04T^{-0.51}$	0.984
2	14.22	0.90	Mod. Lenta	$0.366T^{0.541}$	$11.88T^{-0.46}$	0.989
3	22.44	3.63	Moderada	$1.050T^{0.582}$	$36.64T^{-0.42}$	0.996
4	10.22	1.19	Mod. Lenta	$0.343T^{0.582}$	$11.49T^{-0.42}$	0.998
5	13.19	0.69	Mod. Lenta	$0.790T^{0.424}$	$20.11T^{-0.58}$	0.981
6	11.81	1.88	Mod. Lenta	$0.873T^{0.525}$	$27.52T^{-0.47}$	0.971
Promedio	14.47	1.65	Moderada	$0.741T^{0.524}$	$23.03T^{-0.48}$	0.987

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
r² = Índice de correlación.

6.2.2 El Mamón

6.2.2.1 Descripción Estratigráfica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 5

Época de descripción: seca

Posición geográfica: 151°53'47" N – 86°25'92" W

Localización: Corozal (El Mamón)

Ubicación: Finca a 200m hacia el sur del PP

Geología: Rocas Sedimentaria

Clasificación Taxonómica: Inceptisol Franco Fino

Relieve: Ondulado Pendiente: 0-30%

Topografía: Colinas Bisectadas

Material parental: Areniscas, Conglomerados, Arcillolitas.

Drenaje interno: Lig. Rápido

Drenaje externo: Lig. Rápido.

Drenaje natural: Bien drenado

Presencia de grietas: pocas.

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 1.20 cm.

Raíces vivas y muertas: Distribución natural estándar.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 11. Descripción del perfil “El Mamón”.

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 40	Suelo franco arcilloso de color gris pardo oscuro 2.5Y 3/1, bloques angulares, finos a medios, moderados a fuerte, duro firme, plástico y ligeramente adhesivo, reacción al HCl poca, al H ₂ O ₂ media.
	Bw	95	Suelo franco arcillo arenoso de color grisáceo muy pardo 10 YR 3/2, bloques angulares, finos y medios, débil, muy duro, ligeramente duro, pegajoso y adhesivo reacción al HCl media, al H ₂ O ₂ nula. Limite difuso.
	C	X	Suelo franco de color amarillo rojizo 7.5 YR 6/6, bloques angulares, finos y medios, débil, muy duro, firme ligeramente adherente y plástico, reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ nula.

140 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.2.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 22. Resumen propiedades Físicas.

LOCALIZACIÓN: EL MAMON

APIQUE # 5

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt %	C.C %	P.M.P %	A. Ap. %	K (lab.) cm/hr
		% A	% Ar	% L							
E1	0 – 40	41.92	33.85	24.23	1.29	2.25	42.67	37.53	16.51	21.02	0.207
		F.Ar									
E2	40 –95	54.33	20.0	25.67	1.46	2.50	41.60	34.28	15.78	18.50	0.181
		F.Ar.A.									
E3	95 – X	51.15	30.55	18.30	1.56	2.55	38.82	32.21	14.69	17.52	0.189
		F.Ar.A.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.2.2.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 23. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: EL MAMON

APIQUE # 5

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 40	5.80	0.27	9.82	26.12	8.98	13.95	2.22	0.053
E2	40 – 95	6.91	0.46	75.65	26.12	5.79	9.47	1.72	0.026
E3	95 – X	7.05	0.52	25.38	25.93	4.83	9.28	1.58	0.038

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

Tabla 24. Resumen de permeabilidad en el campo “Método de Porchet”.
(El Mamón)

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	1.71	Moderada
2	0.86	Moderadamente lenta
3	0.88	Moderadamente lenta
4	0.49	Lenta
5	0.91	Moderadamente lenta
6	2.08	Moderada
Promedio	1.16	Moderadamente lenta

Tabla 25. Resumen de infiltración en el campo “Método de anillos concéntricos”. (El Mamón).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	7.66	3.63	Mod. Lenta	$0.372T^{0.713}$	$15.90T^{-0.29}$	0.998
2	21.37	5.47	Mod. Rápida	$0.466T^{0.738}$	$20.67T^{-0.26}$	0.997
3	12.56	3.78	Mod. Lenta	$0.863T^{0.611}$	$31.60T^{-0.39}$	0.997
4	23.05	5.28	Mod. Lenta	$0.851T^{0.654}$	$33.41T^{-0.35}$	0.985
5	24.82	2.39	Mod. Rápida	$1.065T^{0.530}$	$33.88T^{-0.47}$	0.991
6	9.04	0.98	Moderada	$0.552T^{0.503}$	$16.67T^{-0.50}$	0.995
Promedio	16.42	3.59	Moderada	$0.695T^{0.625}$	$25.36T^{-0.38}$	0.995

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.2.3 Las Tinas

6.2.3.1 Descripción Estratigráfica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 6

Época de descripción: Seca

Posición geográfica: 151°94'11" N – 86°31'80" W

Localización: Las Tinas

Geología: Rocas Sedimentaria

Clasificación Taxonómica: Tepic Inceptisol

Relieve: Moderadamente Ondulado

Pendiente: 7 – 12%

Topografía: Colinas suaves

Material parental: Areniscas, Arcillolitas.

Drenaje interno: Rápido

Drenaje externo: Rápido

Drenaje natural: Excesivo

Presencia de grietas: Pocas

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 60cm

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 12. Descripción del perfil “Las Tinias”.

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 120	Suelo franco arenoso de color café olivo oscuro(2.5Y 3/3), sin estructura, medio a mediano, sin estructura arena simple, duro, firme, lig. Pegajoso, lig. Plástico, reacción al HCl media, al H ₂ O ₂ media a alta, limite difuso.
	Bw	270	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón fuerte(7.5YR 4/6), migajosa, medios a finos, débil, duro, firme, lig. Adhesivo, lig. Plástico, reacción al HCl media a alta, al H ₂ O ₂ media a alta.
	C	X	Suelo franco arenoso de color amarillo rojizo(7.5YR 6/8), migajosa, finos, débil, muy duro, firme lig. Adhesivo y plástico, reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ media.

310 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.2.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 26. Resumen propiedades Físicas.

LOCALIZACIÓN: LAS TINAS

APIQUE # 6

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A. Ap. %	K (lab.) cm/hr
		%A	%Ar	%L							
E1	0 – 120	68.67	17.33	14.0	1.67	2.61	36.02	34.21	14.21	20.00	1.072
		F. A.									
E2	120 – 270	%A	%Ar	%L	1.52	2.67	43.07	33.97	14.80	19.17	0.612
		F. Ar.A.									
E3	270 – X	%A	%Ar	%L	1.64	2.55	35.69	28.22	13.08	15.14	4.075
		F.A.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.2.3.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 27. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: LAS TINAS

APIQUE # 6

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
E1	0 – 120	5.97	0.43	12.77	16.77	4.40	7.67	1.12	0.025
E2	120 – 270	6.92	0.34	36.15	20.35	6.30	11.83	2.24	0.070
E3	270 - X	6.43	0.23	22.81	13.20	1.90	6.19	1.35	0.024

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

Na = Sodio Intercambiable

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

**Tabla 28. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(Las Tinias)**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.54	Moderadamente lenta
2	1.06	Moderadamente lenta
3	0.94	Moderadamente lenta
4	0.99	Moderadamente lenta
5	1.44	Moderadamente lenta
6	1.14	Moderadamente lenta
Promedio	1.02	Moderadamente lenta

**Tabla 29. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos).
(Las Tinias)**

Prueba	% H	I _b (cm/hr)	Interpretación	I _a (cm)	I _i (Cm/hr)	r ²
1	10.37	0.58	Mod. Lenta	$0.387T^{0.484}$	$11.24T^{-0.52}$	0.976
2	7.26	10.84	Mod. Rápida	$0.320T^{0.891}$	$17.12T^{-0.11}$	0.993
3	6.46	5.79	Moderada	$0.509T^{0.734}$	$22.38T^{-0.27}$	0.997
4	9.62	3.28	Moderada	$0.497T^{0.497}$	$19.76T^{-0.34}$	0.994
5	10.64	5.28	Moderada	$0.617T^{0.696}$	$25.74T^{-0.30}$	0.996
6	10.52	1.81	Mod. Lenta	$0.432T^{0.605}$	$15.70T^{-0.39}$	0.993
Promedio	9.15	5.00	Moderada	$0.460T^{0.651}$	$18.66T^{-0.32}$	0.992

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
r² = Índice de correlación.

6.2.4 El Liceo

6.2.4.1 DESCRIPCIÓN ESTATIGRAFICA

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 7

Época de descripción: Seca

Posición geográfica: 152°34'30" N – 86°68'61" W

Localización: Corozal detrás del liceo

Geología: Rocas Sedimentaria

Clasificación Taxonómica: Tepic Inceptisol Franco

Relieve: Moderadamente Ondulado Pendiente: 7 – 12%

Topografía: plana

Material parental: Arcillolitas, Areniscas, Calizas.

Drenaje interno: Rápido Drenaje externo: Rápido

Drenaje natural: Excesivo Presencia de grietas: Pocas

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 80 cm.

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 13. Descripción de perfil “El Liceo”.

Horizonte	perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 40	Suelo franco arcillo arenoso de color gris oscuro(5Y 3/1), bloques angulares, finos y medios, moderada, dura, firme, lig. Plástico y lig. Adherente, reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ nula.
	Bw	90	Suelo franco arenoso de color marrón aceituna claro(2.5Y 5/6), pequeños bloques angulares, finos y medios, muy débil, lig. Débil, muy friable, no plástico y no adherente, reacción al HCl leve, al H ₂ O ₂ muy leve.
	C	X	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón aceituna (2.5Y 4/4), pequeños bloques angulares, gruesos a medianos, débil, duro, suelto, lig. Adherente y lig. Plástico, reacción al HCl leve, al H ₂ O ₂ muy leve.

150 cm Fin de la excavación, nivel freático profundo sin interferir en el perfil.

6.2.4.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 30. Resumen propiedades Físicas.

LOCALIZACIÓN: COROZAL-LICEO

APIQUE # 7

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		Arena	Arcilla	Limo							
E1	0 – 40	51.1	25.1	23.8	2.00	2.48	19.35	29.32	15.82	13.50	0.105
		F.Ar.A.									
E2	40 – 90	77.3	15.4	7.3	1.79	2.86	37.41	25.05	13.03	12.02	0.132
		F.Ar									
E3	90 – X	49.8	25.5	24.7	2.06	2.52	18.25	31.12	15.52	15.60	0.198
		F.Ar.A.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.2.4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 31. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: COROZAL-LICEO APIQUE # 7

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 40	6.11	0.68	18.59	28.12	9.64	16.27	2.13	0.083
E2	40 – 90	6.86	0.54	22.89	16.5	3.90	6.83	1.03	0.038
E3	90 – X	6.50	0.36	24.41	23.0	9.17	12.93	0.86	0.044

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

Na = Sodio Intercambiable

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

**Tabla 32. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(El Liceo)**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.28	Lenta
2	0.18	Lenta
3	0.28	Lenta
4	0.41	Lenta
5	0.81	Moderadamente Lenta
6	0.39	Lenta
Promedio	0.39	Lenta

Tabla 33. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (El Liceo)

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	23.35	0.20	Lenta	$0.260T^{0.411}$	$6.42T^{-0.59}$	0.966
2	18.02	0.20	Lenta	$0.737T^{0.304}$	$13.42T^{-0.70}$	0.996
3	19.50	1.66	Mod. Lenta	$0.834T^{0.516}$	$25.82T^{-0.48}$	0.998
4	18.70	0.15	Lenta	$0.527T^{0.311}$	$9.84T^{-0.69}$	0.975
5	11.32	0.12	Lenta	$0.392T^{0.619}$	$7.50T^{-0.68}$	0.983
6	14.47	1.15	Mod. Lenta	$0.393T^{0.562}$	$13.24T^{-0.44}$	0.977
Promedio	17.56	0.58	Mod. Lenta	$0.524T^{0.404}$	$12.71T^{-0.60}$	0.983

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.2.5 Don Alonso

6.2.5.1 Descripción Estratigrafica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 8

Época de descripción: Seca

Posición geográfica: 151°13'40" N – 86°27'79" W

Localización: Don Alonso

Geología: Rocas Sedimentaria.

Clasificación Taxonómica: Tepic Vertisol

Relieve: Moderadamente Ondulado

Pendiente: 7 – 12% Topografía:

Material parental: Arcillolitas.

Drenaje interno: Rápido

Drenaje externo: Rápido

Drenaje natural: Excesivo

Presencia de grietas: Pocas.

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 40cm

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 14. Descripción del perfil “Don Alonso”.

Horizonte	perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 35	Suelo franco arcilloso de color negro(5Y 2.5/2),pequeños bloques angulares, medios a finos, muy duro, firme, adherente y plástico, reacción al HCl leve, al H ₂ O ₂ leve.
	Bw ₁	55	Suelo franco arcilloso de color marrón amarillento oscuro(2.5Y 3/3),pequeños bloques angulares, medios, moderado, duro, muy firme, lig. adherente y lig. plástico, reacción al HCl muy leve, al H ₂ O ₂ muy leve. Limite difuso.
	Bw ₂	100	Suelo franco arcilloso de color olivo o aceituna(5Y 4/3), bloques angulares, medios a finos, débil, duro, firme, lig. adherente y lig. plástico, reacción al HCl leve a media, al H ₂ O ₂ muy leve.
	C _s	X	Suelo franco arcilloso de color olivo oscuro(5Y 5/2), bloques angulares, finos, débil, duro, muy firme, lig. cohesivo y lig. plástico, reacción al HCl leve a media, al H ₂ O ₂ muy leve.

155 cm fin de la excavación, nivel freático profundo.

6.2.5.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 34. Resumen propiedades Físicas. LOCALIZACIÓN: COROZAL-DON ALONSO APIQUE # 8

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		%A	%Ar	%L							
E1	0 – 35	32.9	36.8	30.3	1.45	2.35	38.30	36.60	16.81	19.79	0.019
		F.Ar.									
E2	35 – 55	37.1	36.9	26.0	1.85	2.53	26.88	37.11	16.47	20.64	0.063
		F.Ar.									
E3	55 – 100	40.0	35.4	24.6	1.89	2.52	25.00	38.05	16.02	22.03	0.058
		F.Ar.									
E4	100 – X	37.1	38.3	24.6	1.91	2.55	25.10	36.50	16.35	20.15	0.021
		F.Ar.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.2.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 35. Resumen propiedades Químicas. LOCALIZACIÓN: COROZAL-DON ALONSO APIQUE # 8

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. suelo				
E1	0 – 35	6.26	0.35	9.25	21.45	6.55	8.19	0.97	0.056
E2	35 – 55	6.57	0.47	17.91	24.35	8.76	13.33	2.23	0.027
E3	55 – 100	6.82	0.50	8.69	24.20	8.74	13.13	1.54	0.026
E4	100 – X	7.70	0.55	5.97	25.71	8.78	13.33	3.54	0.056

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

Tabla 36. Resumen de permeabilidades en el campo (Método de Porchet). (Don Alonso).

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.93	Moderadamente lenta
2	0.52	Moderadamente lenta
3	0.26	Lenta
4	0.47	Lenta
5	0.23	Lenta
6	0.37	Lenta
Promedio	0.46	Lenta

Tabla 37. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Don Alonso).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	23.08	0.19	Lenta	$0.254T^{-0.408}$	$6.22T^{-0.59}$	0.992
2	20.39	0.57	Mod. Lenta	$0.235T^{-0.540}$	$7.63T^{-0.46}$	0.986
3	19.81	0.81	Mod. Lenta	$0.360T^{-0.531}$	$11.46T^{-0.47}$	0.996
4	18.14	1.25	Mod. Lenta	$0.148T^{-0.694}$	$6.17T^{-0.31}$	0.978
5	14.53	0.51	Mod. Lenta	$0.562T^{-0.427}$	$14.39T^{-0.57}$	0.993
6	16.67	0.24	Lenta	$0.356T^{-0.398}$	$8.48T^{-0.60}$	0.978
promedio	18.77	0.60	Mod. Lenta	$0.319T^{-0.500}$	$9.06T^{-0.50}$	0.987

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.3 MUNICIPIO DE SINCELEJO ZONA # 3

6.3.1 Las Palmas

6.3.1.1 Descripción Estratigráfica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 9

Época de descripción: Fecha:.

Posición geográfica: 151°53'47" N – 86°25'92" W

Localización: Las palmas

Geología: Rocas Sedimentaria

Clasificación Taxonómica: Entisol

Relieve: Moderadamente Ondulado

Pendiente: 7 – 12% Topografía:

Material parental: Arcillolitas

Drenaje interno: Rápido

Drenaje externo: Rápido

Drenaje natural: Excesivo

Presencia de grietas: Nula

Uso actual: Ganadería extensiva y cultivos.

Profundidad efectiva: 50cm

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 15. Descripción del perfil “Las Palmas”.

Horizonte	perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 20	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón amarillento oscuro(10YR 3/4), bloques angulares, medios, débil, duro, friables, lig. Adherente y lig. Plástico, reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ muy leve.
	Bw ₁	60	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón amarillento oscuro(10YR 4/6), pequeños bloques angulares, finos medios y gruesos, débil, duro, muy friable, lig. Adherente y lig. Plástico, reacción al HCl muy leve, al H ₂ O ₂ leve. Limite difuso.
	Bw ₂	90	Suelo franco arcillo arenoso de color marrón amarillento(10YR 5/8), bloques angulares, finos y medios, moderada, muy duro, muy friable, lig. Adherente y no Plástico, reacción al HCl muy leve, al H ₂ O ₂ media.
	C	X	Suelo arenoso franco de color amarillo pálido(5Y 8/4), sin estructura, medios afinos, masiva, suelto, firme, no Adherente y no Plástico, reacción al HCl leve, al H ₂ O ₂ media.

120 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.3.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 38. Resumen propiedades Físicas.

LOCALIZACIÓN: LAS PALMAS

APIQUE # 9

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³ %	D.R. gr/cm ³ %	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		Arena	Arcilla	Limo							
E1	0 - 20	64.5	19.8	15.7	1.82	2.57	29.18	32.17	15.08	17.09	4.176
		F.Ar.A.									
E2	20 - 60	55.8	23.1	21.1	1.84	2.61	29.50	36.60	15.21	21.39	3.33
		F.Ar.A.									
E3	60 - 90	59.1	20.4	20.5	1.93	2.62	26.34	35.71	14.36	21.35	1.17
		F.Ar.A.									
E4	90 -X	81.0	9.2	9.8	1.98	2.56	22.66	21.80	12.83	8.97	3.42
		A.F.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

Ar = Arcilla

D.R = Densidad Real

6.3.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 39. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: SINCELEJO-LAS PALMAS PIQUE # 9

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 20	6.36	1.25	9.25	21.45	7.56	10.87	1.99	0.040
E2	20 – 60	6.17	0.79	7.47	19.40	8.00	10.37	1.00	0.028
E3	60 – 90	6.61	0.79	10.4	19.80	4.17	7.41	1.33	0.060
E4	90 – X	7.57	0.38	45.23	21.75	7.13	13.08	1.43	0.11

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

Tabla 40. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet). (Las Palmas).

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.088	Muy Lenta
2	0.214	Lenta
3	1.92	Moderada
4	0.055	Muy lenta
5	0.86	Moderadamente lenta
6	1.34	Moderadamente lenta
Promedio	0.75	Moderadamente lenta

Tabla 41. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Las Palmas).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	25.90	0.31	Lenta	$0.162T^{-0.511}$	$4.95T^{-0.49}$	0.990
2	22.13	0.84	Mod. Lenta	$0.371T^{-0.530}$	$11.82T^{-0.47}$	0.966
3	19.86	0.43	Lenta	$0.154T^{-0.555}$	$5.13T^{-0.45}$	0.956
4	20.18	0.71	Mod. Lenta	$0.377T^{-0.509}$	$11.51T^{-0.49}$	0.992
5	18.40	0.16	Lenta	$0.090T^{-0.505}$	$2.74T^{-0.49}$	0.927
6	31.72	1.18	Mod. Lenta	$0.311T^{-0.593}$	$11.06T^{-0.41}$	0.983
Promedio	23.03	0.61	Mod. Lenta	$0.244T^{-0.534}$	$7.87T^{-0.47}$	0.969

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.3.2 La Garita

6.3.2.1 Descripción Estratigráfica

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 10

Época de descripción: Seca.

Posición geográfica: 151°75'92" N – 85°78'07" W

Localización: La garita

Posición geomorfológica:

Geología: Rocas Sedimentaria.

Clasificación Taxonómica: Tepic Vertisol

Relieve: Ondulado Pendiente: 0 – 25% Topografía:

Material parental: Arcillolitas

Drenaje interno: Medio Drenaje externo: Rápido

Drenaje natural: Moderado

Presencia de grietas: si, regularmente

Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 70cm

Raíces vivas y muertas: Distribución natural normal.

Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 16. Descripción del perfil “La Garita”.

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0.0 30	Suelo arcilloso de color negro (5Y 2.5/1), bloques angulares, medios y finos, moderada, duro, lig. Duro, plástico y adherente, reacción al HCl media, al H ₂ O ₂ muy leve.
	Bw	85	Suelo arcilloso de color aceituna (5Y 5/3), pequeños bloques angulares, finos, débil muy duro, duro, plástico y adherente, reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ muy leve, presencia de sales.
	C _s	X	Suelo arcilloso de color marrón fuerte y aceituna claro (7.5YR 5/6), pequeños bloques angulares, finos débil, lig. Duro, blando plástico adherente, reacción al HCl alta, al H ₂ O ₂ leve. Presencia de sales y óxidos de hierro.

115 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 42. Resumen propiedades Físicas. LOCALIZACIÓN: SINCELEJO-LAGARITA APIQUE # 10

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap %	K (lab.) cm/hr
		% A	% Ar	% L							
E1	0 – 30	20.4	46.1	33.5	1.33	2.34	43.16	40.11	16.69	23.42	0.028
		Ar.									
E2	30 – 85	25.0	60.8	14.2	1.51	2.33	35.19	43.43	16.83	26.60	0.026
		Ar.									
E3	85 – X	31.9	66.2	1.90	1.79	2.36	24.15	44.14	17.06	27.08	0.024
		Ar.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.3.2.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 43. Resumen propiedades Químicas.

LOCALIZACIÓN: SINCELEJO-LA GARITA APIQUE #10

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 30	5.87	0.61	53.03	27.67	9.65	16.08	1.82	0.118
E2	30 – 85	7.24	0.35	108.53	29.90	10.44	17.22	2.20	0.043
E3	85 – X	7.87	0.18	62.19	37.07	10.00	16.67	10.33	0.065

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

**Tabla 44. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(La Garita)**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.09	Muy lenta
2	0.26	Lenta
3	0.16	Lenta
4	0.75	Moderadamente lenta
5	1.38	Moderadamente lenta
6	0.39	Lenta
Promedio	0.51	Moderadamente lenta

Tabla 45. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (La Garita).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	26.12	0.29	Lenta	$0.441T^{0.394}$	$10.43T^{-0.61}$	0.991
2	24.46	0.29	Lenta	$0.274T^{0.443}$	$7.29T^{-0.56}$	0.991
3	21.07	1.24	Mod. Lenta	$0.325T^{0.594}$	$11.59T^{-0.41}$	0.951
4	23.44	2.01	Moderada	$1.206T^{0.496}$	$35.87T^{-0.50}$	0.983
5	29.81	1.77	Mod. Lenta	$0.268T^{0.662}$	$10.65T^{-0.34}$	0.978
6	27.16	2.37	Moderada	$0.617T^{0.594}$	$22.00T^{-0.41}$	0.989
promedio	25.34	1.33	Mod. Lenta	$0.522T^{0.531}$	$16.31T^{-0.47}$	0.981

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

6.3.3 Canta Rana

6.3.3.1 DESCRIPCIÓN ESTATIGRAFICA

El terreno en estudio tiene la siguiente información estratigráfica:

Apique # 11

Época de descripción: Fecha:

Posición geográfica: 151°59'06" N – 85°93'13" W

Localización: Finca Canta Rana vía a Chochó

Geología: Rocas Sedimentaria.

Clasificación Taxonómica: Inceptisol Vertico

Relieve: Ondulado Pendiente: 0 – 25% Topografía: lomerío

Material parental: Arcillolitas. Drenaje interno: Medio

Drenaje externo: Rápido Drenaje natural: Moderado

Presencia de grietas: pocas Uso actual: Ganadería extensiva.

Profundidad efectiva: 30cm Humedad del perfil durante la descripción: seco

Figura 17. Descripción del perfil “Canta Rana”.

Horizonte	Perfil	Prof. (cm)	Observaciones y características
	Ap	0 20	Suelo franco arcilloso de color negro (10YR 3/4), bloques angulares, finos, débil, duro, friable, plástico y adherente, reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ nula.
	Bw ₁	50	Suelo franco de color marrón aceituna (2.5Y 4/3), bloques angulares, finos, débil, duro, friable, plástico y adherente, reacción al HCl nula, al H ₂ O ₂ leve.
	Bw ₁	85	Suelo franco arcilloso de color marrón aceituna (2.5Y 4/4), pequeños bloques angulares, finos, fuerte, muy duro, firme, lig. Plástico y lig. Adherente, reacción al HCl muy leve, al H ₂ O ₂ muy leve.
	C _s	X	Suelo franco de color amarillo aceituna (2.5Y 6/8), pequeños bloques angulares, finos, muy fuerte, muy duro, muy firme, lig. Plástico y lig. Adherente, reacción al HCl muy leve, al H ₂ O ₂ muy leve.

170 cm fin de la perforación, nivel freático profundo.

6.3.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla 46. Resumen propiedades Físicas. LOCALIZACIÓN: SINCELEJO - CANTA RANA APIQUE # 11

HOR.	PROF. (cm)	TEXTURA			D.Ap. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	Pt. %	C.C %	P.M.P %	A.Ap. %	K (lab.) cm/hr
		% A	% Ar	% L							
E1	0 – 20	35.8	30.0	34.2	1.74	2.36	26.27	33.63	14.12	19.51	0.021
		F.Ar.									
E2	20 – 50	40.8	26.7	32.5	1.87	2.24	16.52	32.08	13.73	18.35	0.016
		F.									
E3	50 – 85	32.5	28.3	39.2	1.90	2.22	14.41	34.14	14.08	20.06	0.022
		F.Ar.									
E4	85 - X	30.8	21.7	47.5	1.95	2.42	19.42	31.91	14.01	17.90	0.003
		F.									

D.Ap = Densidad Aparente

P.M.P = Punto de Marchitez Permanente

C.C = Capacidad de Campo

A.Ap = Agua Aprovechable

Ar = Arcilla

A = Arena

L = Limo

F = Franco

K = Conductividad Hidráulica (Cabeza Variable)

D.R = Densidad Real

6.3.3.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla 47. Resumen propiedades Químicas. LOCALIZACIÓN: SINCELEJO-CANTA RANA APIQUE # 11

HOR.	PROF. (cm)	pH	M.O %	P (ppm)	C. I. C	Ca	Mg	Na	K
					Meq / 100 gr. Suelo				
E1	0 – 20	6.25	0.64	8.13	22.79	7.05	13.68	1.95	0.106
E2	20 – 50	6.84	0.41	6.93	23.65	7.44	12.96	2.67	0.028
E3	50 – 85	6.88	0.38	11.57	23.37	6.00	15.00	2.20	0.038
E4	85 – X	7.21	0.12	6.50	24.75	7.00	13.33	2.67	0.038

M.O = Materia Orgánica

P = Fósforo (partes por millón)

C.I.C. = Capacidad de Intercambio Cationico

K = Potasio Intercambiable

Ca = Calcio Intercambiable

Mg = Magnesio Intercambiable

Na = Sodio Intercambiable

**Tabla 48. Resumen de permeabilidad en el campo (Método de Porchet).
(Canta Rana)**

PRUEBA	K (cm/hr)	INTERPRETACIÓN (FAO)
1	0.11	Lenta
2	0.41	Lenta
3	1.74	Moderada
4	1.16	Moderadamente lenta
5	0.81	Moderadamente lenta
6	0.50	Moderadamente lenta
Promedio	0.79	Moderadamente lenta

Tabla 49. Resumen de infiltración en el campo (Método de anillos concéntricos). (Canta Rana).

Prueba	% H	I_b (cm/hr)	Interpretación	I_a (cm)	I_i (Cm/hr)	r^2
1	16.14	0.36	Lenta	$0.347T^{-0.442}$	$9.20T^{-0.56}$	0.979
2	18.22	0.15	Lenta	$0.339T^{-0.353}$	$7.18T^{-0.65}$	0.984
3	17.11	1.48	Mod. Lenta	$0.259T^{-0.644}$	$10.00T^{-0.36}$	0.981
4	19.31	0.64	Mod. Lenta	$0.616T^{-0.420}$	$16.35T^{-0.56}$	0.993
5	12.18	1.23	Mod. Lenta	$0.646T^{-0.511}$	$19.80T^{-0.49}$	0.973
6	14.15	2.17	Moderada	$0.272T^{-0.686}$	$11.20T^{-0.31}$	0.957
Promedio	16.19	1.01	Mod. Lenta	$0.413T^{-0.510}$	$12.29T^{-0.49}$	0.978

I_b = Infiltración Básica; I_a = Infiltración Acumulada; I_i = Infiltración Instantánea
 r^2 = Índice de correlación.

Tabla 50. Resumen de Texturas, Infiltraciones y Permeabilidades de los once (11) puntos de estudio.

Localización	Ubicación	TEXTURA			D. Ap	Infiltración Básica (Cm/h)						Permeabilidad (cm/h)					
		Arena	Arcilla	Limo		Min	Clas.	Max	Clas.	Prom	Clas.	Min	Clas	Prom	Clas	Max	Clas
Morroa	Bremen	50.39	23.92	25.97	1.56	1.30	Mod. Lenta	7.61	Mod. Rápida	3.70	Mod.	0.59	Mod. Lenta	0.83	Mod. Lenta	1.20	Mod. Lenta
		Franco-Arcillo-Arenoso															
	Pesebrera	55.12	25.71	19.17	1.59	0.72	Mod. Lenta	2.41	Mod.	1.55	Mod. Lenta	0.08	Muy Lenta	0.74	Mod. Lenta	1.90	Mod
		Franco-Arcillo-Arenoso															
	El Rosario	51.03	37.12	11.85	1.48	1.05	Mod. Lenta	4.09	Mod.	2.09	Mod.	0.19	Lenta	0.90	Mod. Lenta	1.58	Mod. Lenta
		Franco-Arcillo-Arenoso															
Corozal	Vía Pileta	50.71	13.97	35.32	1.45	0.69	Mod. Lenta	3.63	Mod.	1.65	Mod. Lenta	0.98	Mod. Lenta	1.25	Mod. Lenta	1.66	Mod
		Franco															
	El Mamón	41.92	33.85	24.23	1.29	0.98	Mod. Lenta	5.47	Mod.	3.59	Mod.	0.49	Lenta	1.16	Mod. Lenta	2.08	Mod
		Franco – Arcilloso															
	Las Tinas	68.67	17.33	14.00	1.67	0.58	Mod. Lenta	10.84	Mod. Rápida	5.00	Mod.	0.54	Mod. Lenta	1.02	Mod. Lenta	1.44	Mod. Lenta
		Franco – Arcilloso															
	Liceo	51.10	25.10	23.80	2.00	0.12	Lenta	1.66	Mod. Lenta	0.58	Mod. Lenta	0.18	Lenta	0.39	Lenta	0.81	Mod. Lenta
		Franco-Arcillo-Arenoso															
Don Alonso	32.90	36.80	30.30	1.45	0.19	Lenta	1.25	Mod. Lenta	0.60	Mod. Lenta	0.23	Lenta	0.46	Lenta	0.93	Mod. Lenta	
	Franco – Arcilloso																
Sincelejo	Las Palmas	64.50	19.80	15.70	1.82	0.16	Lenta	1.18	Mod. Lenta	0.61	Mod. Lenta	0.08	Muy Lenta	0.75	Mod. Lenta	1.92	Mod
		Franco-Arcillo-Arenoso															
	La Garita	20.40	46.10	33.50	1.33	0.29	Lenta	2.37	Mod.	1.33	Mod. Lenta	0.09	Muy Lenta	0.51	Mod. Lenta	1.38	Mod. Lenta
		Arcilloso															
	Canta Rana	35.80	30.00	34.20	1.74	0.15	Lenta	2.17	Mod.	1.01	Mod. Lenta	0.11	Lenta	0.79	Mod. Lenta	1.74	Mod
Franco Arcilloso																	
Promedio						0.56	Mod. Lenta	3.88	Mod.	0.56	Mod. Lenta	0.32	Lenta	0.56	Mod. Lenta	1.51	Mod. Lenta

Tabla 51. Resumen de Permeabilidades en laboratorio, Densidades aparentes, Densidades Reales, porosidad total y Materia Orgánica de los once (11) puntos de estudio.

LOCALIZACION	Ubicación	K (cm\hr)	Clasificación	D. Ap	D. R	Pt (%)	M.O
Morroa	Bremen	0.835	Mod. Lenta	1.51	2.63	40.68	0.67
	La Pesebrera	1.254	Mod. Lenta	1.59	2.51	36.778	0.38
	El Rosario	0.475	Lenta	1.47	2.78	46.76	1.23
Corozal	Pileta	0.093	Muy Lenta	1.39	2.50	42.00	0.71
	El Mamon	0.207	Lenta	1.28	2.25	42.67	0.27
	Las Tinas	1.072	Mod. Lenta	1.59	2.61	36.02	0.43
	Liceo	0.105	Lenta	1.65	2.48	19.35	0.68
	Don Alonso	0.019	Muy Lenta	1.44	2.35	38.30	0.35
Sincelejo	Las Palmas	4.176	Moderada	1.63	2.57	29.18	1.25
	La garita	0.028	Muy Lenta	1.36	2.34	43.16	0.61
	Canta Rana	0.021	Muy Lenta	1.60	2.36	26.27	0.64

7. ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA #1

Comprende tres (3) puntos de estudio en el Municipio de Morroa.

Según los valores obtenidos en las tablas N° 5, 9, y 13, donde se muestran los resultados de las propiedades físicas obtenidos en los laboratorios de la Universidad de Sucre.

7.1.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio.

7.1.1.1 Textura.

La textura de los suelos de esta zona varían en el perfil en profundidad, desde suelos arcillosos hasta arenosos con porcentajes de Arcilla de 53.92% en el tercer estrato del apique realizado en los suelos del corregimiento de Bremen hasta 17.12% en el quinto estrato de mismo apique. Porcentajes de arena de 80.85% a 19.57% presente también en los suelos del corregimiento de Bremen; porcentaje de limo desde 39.58% hasta 1.13% de los mismos suelos. Lo cual nos permite tener una variedad de texturas, debido a las combinaciones de los distintos porcentajes de arenas, limos y arcillas presentes en dichos suelos.

Se observa que la fracción predominante es la Arena, seguida de la arcilla y posteriormente el limo, debido principalmente a la geología de la zona, cuyo material parental está compuesta generalmente de areniscas, conglomerados y calizas ferruginosas y arcillolitas.

Superficialmente predomina la textura franco-arcillo-arenosa (F.Ar.A), que es la que va a influir sobre las otras características físicas superficiales.

7.1.1.2. Densidad Aparente.

Los valores de la densidad aparente de estos suelos varían considerablemente entre 1.48gr/cm^3 alto, en el primer estrato de los suelos del estudio realizado en el corregimiento el Rosario en Morroa a 1.91 gr/cm^3 , Alto en el cuarto estrato de los suelos de Bremen.

Estos valores son relativamente altos junto a la textura de los suelos en condiciones normales, lo cual está relacionado, además, con el fenómeno de adensamiento de los suelos, producida por el mal manejo de los mismos, produciéndose compactación de los suelos de forma antropica por vía animal y/o el uso inadecuado e inapropiado de la maquinaria agrícola.

El adensamiento de los suelos arcillosos puede ser también ocasionado por la cohesión dada en forma natural por la pérdida de humedad superficial de los mismos debido a la falta de una cobertura permanente y al mal uso.

7.1.1.3 Densidad Real (D.R).

Estos suelos presentan valores oscilantes entre 2.41gr/cm^3 en el segundo estrato de los suelos de la pesebrera y 2.88 gr/cm^3 del séptimo estrato de los suelos de Bremen. Esta variación se presenta por la variabilidad textural dominante en la zona y a la presencia de minerales primarios (areniscas cuarcíticas, conglomerados y feldespatos).

7.1.1.4 Porosidad Total (Pt)g

Los espacios porosos que presentan estos suelos varían entre valores bajos 28.36% del segundo estrato de la pesebrera y valores altos 49.93% del quinto estrato de Bremen.

Estos valores son clasificados como bajo (28.36%) y altos (49.93%), influenciados por la presencia de material arcilloso y arenoso, igualmente por la variedad de humedad y contenidos de materia orgánica y uso de los suelos. La porosidad total es una propiedad que influye mucho en el flujo de agua en estos suelos.

7.1.1.5 Capacidad de Campo.

Estos valores oscilan entre 22.20% en el quinto estrato de Bremen y 44.95% en el tercer estrato de Bremen estos valores están clasificados como medios y altos, los cuales varían debido al comportamiento de la porosidad, presencia de arcillas expansivas, contenidos de materia orgánica y grado de adensamiento de los mismos.

7.1.1.6 Punto de Marchites Permanente (P.M.P)

Estos valores varían de 14.80% en el quinto estrato de Bremen hasta 17.70% en el tercer estrato de Bremen, clasificándose como valores bajos, influenciados principalmente por las características de bajos contenidos de materia orgánica, altos adensamientos y baja porosidad.

7.1.1.7 Agua Aprovechable (A. Ap)

El porcentaje de agua aprovechable que presentan estos suelos varía de 5.9% en el sexto estrato de Bremen clasificándose como bajo y 27.25% en el tercer estrato de Bremen, clasificado como medio, lo que indica una baja disponibilidad de agua para el crecimiento vegetal en estos suelos.

Influenciado estos valores por las mismas condiciones texturales, de porosidad y muy bajos contenidos de Materia Orgánica.

7.1.1.8 Conductividad Hidráulica (K).

La conductividad hidráulica de los estratos en los suelos de esta zona obtenidos en el laboratorio varían desde 0.028 cm/hr muy lenta a 2.44 cm/hr Moderada, la primera en el tercer estrato de Bremen y la segunda en el quinto estrato de Bremen, influenciadas por las condiciones texturales y de porosidad presentes, igualmente por los muy bajos contenidos de materia orgánica y la presencia de sodio intercambiable.

7.1.2 Propiedades químicas.

Según las tablas N° 6, 10 y 14, donde se muestran los resultados de las propiedades químicas obtenidos en los laboratorios de la Universidad de Sucre.

7.1.2.1 Reacción del Suelo (pH)

La reacción de estos suelos se encuentra entre 6.44 clasificados como ligeramente alcalino en el primer estrato del apique realizado en la pesebrera y 8.47 muy Alcalino en el cuarto estrato de Bremen.

Esta reacción esta influenciada por la época en que se tomaron las muestras de suelo (época seca), la cual presenta valores muy altos de sodio, calcio y magnesio intercambiable y muy bajos de materia orgánica, igualmente por el origen geológico de los suelo, ya que se derivan de rocas sedimentarias. (Areniscas consolidadas, Conglomerados y Arcillolitas).

7.1.2.2 Materia Orgánica (M.O)

Los resultados obtenidos en esta zona presentan un contenido de materia orgánica que oscilan entre 0.15% en el tercer estrato de la pesebrera el cual es muy bajo y 1.23% en el primer estrato del Rosario clasificados como muy bajo a bajo. Esto se debe generalmente al mal uso y manejo que se encuentran sometidos estos suelos como lo es la ganadería extensiva y la tumba y quema de residuos de cosechas y cobertura, lo que aumenta aún más las pérdidas por erosión.

Además hay carencia de programas de aplicación y manejo de abonos orgánicos y residuos de cosecha en dicha zona.

7.1.2.3 Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C)

Los valores presentes de capacidad de intercambio Cationico oscilan de 11.0 meq/100gr.suelo en el primer estrato del Rosario a 30.25 meq/100gr suelo en el tercer estrato de Bremen clasificados de medias a altas, influenciadas principalmente por los bajos contenidos de M.O, variación de los porcentajes arcilla (2:1) y no manejo de la cobertura.

7.1.2.4 Fósforo (p)

El fósforo disponible presente en estos suelos tienen unos contenidos entre 11.45 ppm en el primer estrato de Bremen y 53.03 ppm en el séptimo estrato de Bremen clasificados desde bajos o muy altos contenidos. Esta variación se debe a los bajos contenidos de M.O, la fijación de fosfatos debido al calcio y magnesio intercambiable, a la carencia de programas de abonamientos y a los procesos

erosivos. El alto valor presente de fosfato, puede ser debido a la presencia de minerales fosfatados en el subsuelo (séptimo estrato).

7.1.2.5 Bases Intercambiables

7.1.2.5.1 Calcio (Ca)

Estos suelos presentan valores de calcio que varían entre 2.67meq/100gr suelo en el cuarto estrato de Bremen y 10.92 m gr/100 gr suelo con el séptimo estrato de Bremen, clasificado de baja a muy alta contenido de calcio. Esta variación se debe a la clasificación textural y a la geología de la zona, donde hay presencia de arenas calcáreas, calizas y conglomerados, que en los procesos de génesis y formación de los suelos, los cuales liberan el calcio presente.

7.1.2.5.2 Magnesio (Mg)

El contenido de este catión en estos suelos oscila entre 7.02 meq/100gr suelo en el primer estrato del Rosario y 23.40 mg/100mg de suelo, en el séptimo estrato de Bremen, clasificado de alto a excesivo contenidos de magnesio. Esta presencia se debe al origen geológico y mineralógico de los suelos de esta zona, ya que se encuentran formados por calizas, Dolomita y minerales ferromagnesianos en los conglomerados presentes, igualmente a los bajos procesos de lavado que presenta este elemento en el subsuelo.

7.1.2.5.3 Sodio (Na)

Los contenidos presente de sodio intercambiables, varían entre 1.78 m eq/100gr. suelo en el segundo estrato del Rosario a 41.74 meq/100gr suelo en el tercer estrato de Bremen clasificado como excesivo o muy excesivos. La presencia de este elemento se debe a las características geológicas de la zona, ya que son

materiales procedentes de sedimentos marinos como areniscas calcáreas y calizas, igualmente a la presencia de sodio soluble en forma de sales de sodio en dichos estratos.

7.2 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA # 2

Comprende tres (3) puntos de estudio en el Municipio de Corozal.

7.2.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio. Según los valores obtenidos en las tablas N° 17, 21, 25, 29 y 33, donde muestran los resultados de las propiedades físicas obtenidos en el laboratorio de la Universidad de Sucre se tiene:

7.2.1.1 Textura.

La variación textural de estos suelos en profundidad se presenta en fracción dominante la arena, seguido del limo y la arcilla. Presentados en los suelos superficiales las texturas, francas, franco Arcillosa, Franco – Arenosa y Franco – Arcillo – Arenoso.

La fracción dominante es la arena con % que oscilan entre 41.92% y 80.6%, se muestra que entre la fracción limo y arcillas no hay un dominante, presentándose % de limo que varían de 6.5% a 42.46% y % arcilla de 33.85% a 8.26%.

7.2.1.2 Densidad Aparente (D.A.P).

Estos valores varían de 1.29 gr/cm³ en el primer estrato del Mamón valor bajo hasta 1.74 gr/cm³ en el tercer estrato de Pileta, valor alto.

Esto se debe al mal uso a que están sometidos estos suelos, a los muy bajos contenidos de materia orgánica, y a los procesos de adensamiento que también sufren estos suelos. Por pérdida de materia orgánica, pérdida de humedad y compactación antropica (Animal y Maquinaria).

7.2.1.3 Densidad Real (Dr)

Los valores de densidad real oscilan entre 2.25 gr/cm³ y 2.86gr/cm, en el estrato 2 de corozal, esta variación se presenta por la variabilidad textural dominante en la zona, y la presencia mineralógica (areniscas cuarcíticas, conglomerados y feldespatos)

7.2.1.4 Porosidad Total (Pt)

Los espacios porosos que presentan estos suelos oscilan entre 32.94% del tercer estrato del Liceo, clasificado como bajo y 56.99% en el segundo estrato del Liceo, calificado como alto, estos valores también se deben a los medios porcentajes de arcilla y los altos porcentajes de arena, igualmente a los bajos contenidos de materia orgánica, bajos contenidos de humedad y el mal uso de los suelos.

7.2.1.5 Capacidad de Campo (C.C)

Estos suelos presentan una capacidad de campo que varía desde 25.05% en el estrato 2 del Liceo y 37.53% en el primer estrato del Mamón, están clasificados de medios a altos los cuales varían debido al comportamiento de la porosidad, alta presencia de arcillas, baja Materia Orgánica y alto grado de adensamiento de los suelos.

7.2.1.6 Punto de Marchitez Permanente (P.M.P)

Estos valores varían de 12.5% en el tercer estrato de Pileta y 16.51% en el primer estrato del Mamón, clasificados como valores bajos, influenciado por los bajos contenidos de Materia Orgánica, altos adensamientos, variabilidad de los valores de arcilla y baja porosidad.

7.2.1.7 Agua Aprovechable

Estos suelos poseen un porcentaje de agua aprovechable que varía de 12.02% en el estrato 2 del Liceo y 21.71% en el estrato 2 de Pileta, clasificado de bajo a medios, lo que indica la baja disponibilidad de agua para las plantas, debido a la baja penetración del agua lluvia y presencia de materiales arcillosos.

7.2.1.8 Conductividad Hidráulica (K)

La permeabilidad de estos suelos presenta valores hasta 4.075 cm/hr del tercer estrato de Las Tinas, los cuales se clasifican como permeabilidad muy lenta hasta moderada, debido a los altos grados de adensamientos (altos valores de sus aportes y bajo porosidad) lo que genera baja penetración y distribución del agua en el perfil del suelo.

7.2.2 Propiedades Químicas. Según las tablas N° 18, 22, 26, 30 y 34, donde se muestran los resultados de las propiedades Químicas obtenidos en los laboratorios de la Universidad de Sucre.

7.2.2.1 Reacción del Suelo (ph)

Los valores de la reacción de estos suelos se encuentra entre 5.80 en el primer estrato del apique realizado en el corregimiento el Mamón y 7.93 en el tercer estrato del apique realizado en la finca la Concepción, en la vía que conduce de

corozal a pileta, estos suelos están clasificados como suelos medianamente ácido a medianamente alcalino.

La reacción o ph de estos suelos aumenta en profundidad en esta zona,

7.2.2.2 Materia Orgánica (M.O)

El porcentaje de materia orgánica de los suelos de esta zona oscilan entre 0.23% en el tercer estrato del apique realizado en el corregimiento las Tinas y el 0.71% ubicado en el primer estrato del apique realizado en la finca la Concepción, en la vía que conduce a Pileta, estos valores clasifican a estos suelos como suelos con contenido muy bajo a muy pobre, estos valores se deben al mal uso y manejo de los suelos, la poca cobertura vegetal, al alto grado de erosión, al alto grado de descomposición de la materia orgánica debido a la poca cobertura vegetal de la zona y a las altas temperaturas que alcanzan estos suelos.

Estos valores disminuyen con la profundidad.

7.2.2.3 Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C)

Los valores de C.I.C de estos suelos oscilan entre 13.2 y 28.12 meq/100gr de suelo ubicados en el tercer estrato de las Tinas y el estrato tres de la finca la Concepción, clasificados como suelos de valores medios a valores adecuados de contenido de C.I.C, esta depende de los contenidos y tipos de arcillas que presenta la zona, igual que los bajos contenidos de materia orgánica humificada.

7.2.2.4 Fósforo (p)

El fósforo disponible presente en estos suelos se encuentran en el rango de 9.82 ppm en el primer estrato del Mamón y 91.16 ppm en el primer estrato de la finca la

Concepción, estos valores son considerados como suelos pobres a suelos altos pero no excesivo contenido de fósforo.

7.2.2.5 Bases Intercambiables

7.2.2.5.1 Calcio (Ca)

Estos suelos presentan valores de calcio que varían entre 1.90 meq/100gr suelo en el tercer estrato del Mamón y 11.48 mg/100mg de suelo, en el segundo estrato de la finca la Concepción, estos suelos son considerados de muy bajos a valores altos pero no excesivos de Calcio.

7.2.2.5.2 Magnesio (Mg)

El contenido de magnesio en estos suelos oscila entre 4.20 a 16.27 meq/100gr suelo en el primer estrato de la finca la Concepción y el primer estrato de los suelos del apique realizado en el Liceo Carmelo Percy, clasificados como suelos con altos pero no excesivos contenido Calcio a contenidos muy altos a excesivos contenidos de Calcio, esto aumenta en profundidad debido a la geología imperante en la génesis de los suelos de la zona.

7.2.2.5.3 Sodio (Na)

Los contenidos presente de sodio intercambiables, varían entre 0.86 meq/100gr. suelo en el tercer estrato del liceo a 3.75 meq/100gr suelo en el segundo estrato de la finca la Concepción, estos valores se consideran como medio a muy altos, debido a la época seca que se concentran por evaporación del agua y a la geología de la zona que están compuestas por rocas sedimentarias (areniscas y conglomerados).

7.2.2.5.4 Potasio (P)

Los valores del potasio de estos suelos varían entre 0.024 a 0.173 meq / 100gr de suelo ubicados en el tercer estrato de las tinajas y el primer estrato de la finca la Concepción, estos contenidos son considerados como muy bajos o pobres a contenidos deficientes a bajos, debido a la alta lixiviación que presenta este elemento en la zona y a la baja aplicación a los cultivos en la zona.

7.3 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICA DE LA ZONA # 3

Comprende tres (3) puntos de estudio en el Municipio de Sincelejo.

7.3.1 Propiedades físicas y permeabilidad en el laboratorio. Según los valores obtenidos en las tablas N° 37, 41 y 45, donde muestran los resultados de las propiedades físicas obtenidos en el laboratorio de la Universidad de Sucre se tiene:

7.3.1.1 Textura.

La textura de los suelos de esta zona varían en el perfil en profundidad, desde suelos francos hasta suelos arcillosos con porcentajes de arcilla de 66.2% hasta 9.2%, porcentajes de arena de 81.0% hasta 20.4% y un porcentaje de limo de 47.5% hasta 1.9%, con estas variaciones en los porcentajes de las partículas de los suelos, debido a la combinación de las partículas de arena, limo y arcilla. Se puede observar en los suelos de esta zona la fracción predominante es la arcilla, debido a que los apiques realizados en la garita y canta Rana están ubicados sobre la formación Sincelejo, la cual es una formación de tendencia arcillosa.

7.3.1.2 Densidad Aparente (Dap).

La densidad aparente de estos suelos varia desde bajo con valores de 1.33 gr/cm³ en el estrato # 1 de la Garita hasta alto con valores de 1.98 gr/cm³ en el estrato 4 de la Palma.

7.3.1.3 Densidad Real (Dr)

Los valores de densidad real de estos suelos varían desde 2.22 gr/cm³ en el 3 estrato de Canta Rana, hasta 2.61 gr/cm³ en el 2 estrato de las Palmas.

7.3.1.4 Porosidad Total (Pt)

Los espacios porosos presentes en estos suelos oscilan entre 14.41% en el tercer estrato de Canta Rana y 43.16% en el primer estrato de la Garita.

7.3.1.5 Capacidad de Campo (C.C)

Estos suelos presentan una capacidad de campo que varía desde 22.66% en el cuarto estrato las Palmas y 44.14% en el tercer estrato de la Garita,

7.3.1.6 Punto de Marchitez Permanente (P.M.P)

El punto de marchitez permanente de estos suelos varían entre 12.83% en el cuarto estrato de las palmas y 17.06% en el tercer estrato de la Garita.

7.3.1.7 Agua aprovechable

Estos suelos poseen un porcentaje de agua aprovechable que varía de 8.97% en el cuarto estrato de las Palmas y 27.08% en el tercer estrato de las palmas, clasificado de bajo a medios, lo que indica la baja disponibilidad de agua para las plantas, debido a la baja penetración del agua lluvia y presencia de materiales arcillosos.

7.3.1.8 Conductividad Hidráulica (K)

La conductibilidad hidráulica de estos suelos presentan valores oscilantes entre 0.003 cm/hr en el cuarto estrato de Canta Rana y 4.176 cm/hr en el primer estrato de las Palmas, clasificados como permeabilidades de muy lentas a moderadas.

7.3.2 Propiedades Químicas

Según las tablas N° 38, 42 y 46, donde muestran los resultados de las propiedades químicas obtenidos en el laboratorio de la Universidad de Sucre se tiene:

7.3.2.1 Reacción del Suelo (pH)

La reacción de estos suelos se encuentra entre 5.87 clasificados como medianamente ácidos en el primer estrato del apique realizado en la Garita y 7.87 moderadamente alcalinos en el tercer estrato de la Garita.

La reacción o pH de estos suelos aumenta en profundidad al igual que el fósforo disponible y el potasio, posiblemente debido al carácter geológico de formación de estos suelos (rocas sedimentarias), donde predominan los compuestos calcáreos y magnéticos (Alcalinotérreos).

7.3.2.2 Materia Orgánica (M.O)

Los resultados obtenidos en esta zona presentan un contenido de materia orgánica que oscilan entre 0.18% en el tercer estrato de la Garita y 1.25% en el primer estrato de las Palmas, clasificados como suelos muy bajo a bajo contenido de Materia Orgánica. Esto se debe generalmente al mal uso y manejo que se

encuentran sometidos estos suelos como lo es la ganadería extensiva y la tumba y quema de residuos de cosechas y cobertura, lo que aumenta aún más las pérdidas por erosión.

Además hay carencia de programas de aplicación y manejo de abonos orgánicos y residuos de cosecha en dicha zona.

7.3.2.3 Capacidad de Intercambio Cationico (C.I.C)

Los valores presentes de capacidad de intercambio Cationico oscilan de 19.4 meq/100gr.suelo en el tercer estrato de las Palmas a 37.07 meq/100gr suelo en el tercer estrato de la Garita, clasificados de valores medios o moderados a contenidos suficientes o adecuados.

7.3.2.4 Fósforo (P)

El fósforo disponible presente en estos suelos tienen unos contenidos entre 6.50 ppm en el cuarto estrato de Canta Rana a 108.53 ppm en el segundo estrato de la Garita clasificados desde contenidos muy bajos a suelos con contenidos excesivos de Fósforo. Esta variación se debe a los bajos contenidos de M.O, la fijación de fosfatos debido al calcio y magnesio intercambiable y a la presencia de algunos residuos orgánicos con fósforo.

7.3.2.5 Bases Intercambiables

7.3.2.5.1 Calcio (Ca)

Los valores presentes en estos suelos de calcio intercambiable, varían entre 4.17meq/100gr suelo en el tercer estrato de Las Palmas y 10.44 m gr/100 gr suelo con el segundo estrato de La Garita, clasificados de bajo a muy altos contenidos, generados por la presencia de carbonatos de calcio de origen marino y caliza de

origen sedimentario, aumentándose de abajo hacía arriba, lo que genera pH básicos a mayores profundidades y estabilización de suelos, presentándose muchas veces concreciones dispersas en algunos perfiles. La solubilidad de este elemento influye sobre las características químicas de las aguas subterráneas, en algunos sectores, clasificándolas como carbonatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas.

7.3.2.5.2 Magnesio (Mg)

El contenido de este catión, en estos suelos, oscila entre 7.41 meq/100gr suelo en el tercer estrato de las palmas y 17.22 mg/ 100mg de suelo, en el segundo estrato de la Garita, clasificados como contenidos abundantes a excesivos o perjudiciales de magnesio, esto se debe a la geología sedimentaria de la zona y a la presencia de algunos minerales ferromagnesianos, estos valores aumentan con la profundidad y ayudan a estabilizar el pH de los suelos.

7.3.1.5.3 Sodio (Na)

Los contenidos presente de sodio intercambiables, varían entre 1.00 m eq/100gr. suelo en el segundo estrato de las palmas a 10.33meq/100gr suelo en el tercer estrato de la garita, clasificado como alto a muy excesivos, estos contenidos de sodio en la zona dependen de su geología sedimentaria, compuestas principalmente por sedimentos marinos, en presencia de areniscas, conglomerados y arcillas calcáreas, la solubilización de estos compuestos y los cambios hídricos en el perfil del suelo hace que migren a diferentes profundidades, hasta llegar a la superficie, causando la dispersión de la estructura natural de los suelos superficiales, facilitando la pérdida de arcillas y material orgánico por procesos erosivos, degradándose aún mas los suelos por agentes naturales.

Los contenidos de sodio intercambiable aumentan con la profundidad, esto coincide con algunos estudios de calidad de aguas subterráneas que las clasifica en algunos sectores como carbonatadas sódicas.

7.3.1.5.4 Potasio (P)

El contenido de potasio de estos suelos varia entre 0.028 y 0.11 meq /100gr de suelo, en el segundo y cuarto estrato de las palmas, clasificados como suelos con contenidos muy bajos a contenidos deficientes o pobres de potasio.

7.4 Análisis De Resultados general de las propiedades Físico Hidráulicas.

En general, teniendo en cuenta los resultados texturales en la zona de estudio, se observa predominio de altos contenidos de arena, mayor de 50% en Morroa, en promedio mayor del 50% en Corozal y 40% en promedio en Sincelejo. Físicamente debieran poseer infiltración y permeabilidad moderada a rápida, pero se observa en los valores obtenidos en las tabla 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41 y 45, que los resultados obtenidos para estas localidades tienen predominio de valores clasificados de moderadamente lenta a lenta; similarmente se observan valores altos a muy altos de densidad aparente y valores medio a bajos de porosidad total, esto demuestra indirectamente el alto grado de compactación y adensamiento presente en los horizontes superficiales, lo que implica que se presente una alta restricción en la entrada y en la conducción del agua y los gases en el perfil de estos suelos; esto genera mayores perdidas de agua lluvia por escorrentía superficial en época lluviosa, lo que causa una mayor erosión en los suelos y perdidas de materia orgánica, arcilla y nutrientes del horizonte superficial, lo que se comprueba con el bajo potencial de fertilidad de estos suelos.

Esta pérdida de agua, la mala distribución de lluvias no favorece la recarga natural del acuífero Morroa, igualmente que la geomorfología imperante en la zona

(colinas diseptadas) están generando agotamientos o disminución de la carga hidráulica por sobreexplotación de los pozos existentes y contaminación por procesos naturales de salinización edáfica.

La degradación de estos suelos, producto de inadecuadas prácticas agrícolas y agronómicas, está reflejada en la disminución de la materia orgánica, compactación, sellamiento superficial (encostramiento), disminución de la actividad biológica, baja retención de humedad, aumento de la densidad aparente, reducción del espacio poroso y poca disponibilidad de nutrientes, así como también la disminución en el rendimiento de los principales cultivos, ocasionado por el uso indiscriminado e inapropiado, en más de 40 años consecutivos, de la maquinaria e implementos agrícolas, monocultivos, quemadas exageradas y utilización irracional de productos químicos; esta situación tiene gran repercusión en la zona de recarga del acuífero Morroa, donde la agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas; más aún, si el proceso degradativo se está presentando en los suelos de alta capacidad productiva como son los suelos dedicados a la producción.

CONCLUSIONES

- Según las clasificaciones de conductividad hidráulica e infiltración para suelos normales, los resultados de estas propiedades para la zona de estudio se encuentran en los rangos de poco permeable y baja infiltración.
- Teniendo en cuenta las bajas tasas de entrada y movimiento de agua dentro del suelo, se induce que es poca el agua que entra al perfil del suelo como producto de las precipitaciones en la zona.
- El drenaje interno es pobremente drenado a pesar de tener altos porcentajes de arenas en los estratos superficiales.
- En todos los horizontes se encontraron valores de densidades aparentes altas, bajos contenidos de humedad natural y bajos porcentajes de porosidad total.
- La mayoría de los horizontes superficiales se encuentran compactados.
- En la mayoría de los suelos estudiados tienen de bajo a muy bajo potencial de disponibilidad química para la nutrición vegetal, por sus bajos contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio principalmente.
- En La mayoría de los suelos se presenta una secuencia de horizontes normales, pero de escaso desarrollo edafológico.

- En la mayoría de los suelos estudiados predomina las pérdidas de agua superficiales por escorrentía, beneficiado por el mal manejo de los suelos y por la geomorfología de la zona.
- Los contenidos de calcio, magnesio y sodio intercambiables en los suelos estudiados se clasificaron como altos y muy altos, beneficiados por la geología de la zona y el mal manejo de los suelos para las producciones.
- El acuífero Morroa, en la zona de recarga vulnerable, se encuentra crítica la entrada de agua al perfil del suelo debido a los inadecuados manejos de suelos en las producciones y a la utilización no recomendable de vertimientos y disposiciones finales de desechos sólidos urbanos y cementerios.
- De seguir así, la pérdida de agua por escorrentía superficial y no buscar alternativas de cosechas de agua para la zona de recarga, el acuífero corre peligro, ya que se incrementaría la salinidad de las aguas del acuífero, disminuyendo su calidad química.

RECOMENDACIONES

- Para recuperar los valores normales de infiltración y conductividad hidráulica en los suelos se debe seguir un plan intenso de conservación de suelos en la zona de recarga vulnerable.
- Realizar un seguimiento veraz de la escogencia de los sitios de descarga final de residuos sólidos urbanos y de cementerios en la zona de recarga, ya que a mediano y largo plazo son focos de contaminación potencial de los acuíferos de la zona.
- El acuífero Morroa, en la zona de recarga vulnerable, hay que realizar programas de buenas prácticas agrícolas y buen manejo de suelos, para evitar la pérdida de nutrientes y arcilla principalmente. Además, hay que realizar un programa de conservación de suelos orientado a mejorar las condiciones de cosecha de agua en los perfiles de suelos, para que a mediano y largo plazo se incremente la recarga de agua al acuífero y mejore la calidad química del agua.
- Para mejorar y aumentar la recarga de agua en la zona, se recomienda en la zona de recarga vulnerable, realizar planes integrales de producción de bosque protector, bosque productor y silvopastoreo en las zonas de mayor pendiente (cimas escarpadas) y sistemas de

agroreforestación, agroreforestación o reforestaría en las zonas inclinadas o de pendientes, tratando de realizar un plan agresivo de manejo y conservación de suelos, para mejorar la entrada de agua al perfil del suelo y con ello la recarga del acuífero a mediano y largo plazo.

- Para Romper las capas compactas y mejorar los valores de la densidad aparente, porosidad total, infiltración y conductividad hidráulica en los horizontes superficiales, se debe utilizar el arado de cincel, sea el fijo o vibratorio, en sentido transversal a las pendientes y rastrillo, para incorporar enmiendas orgánicas y enclavadoras.
- Realizar un plan de monitoreo anual sobre los valores de la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica y sobre la pérdida de suelos en la zona de recarga vulnerable.
- Realizar convenios con las entidades del estado encargadas de la parte ambiental, agrícola, forestal y pecuaria, para elaboración de proyectos conjuntos de conservación de suelos en la zona, igualmente que de capacitación de la población, sobre el buen manejo de los recursos naturales.
- Implantar medidas de bonificación sobre los impuestos a las comunidades que manejen óptimamente los recursos hídricos y edáficos en las producciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWLES, J. 1978. Manual de laboratorios de suelo ingeniería civil. Bogotá: Mac Graw-Hill latinoamericana. 213 p.

BUCMAN. HARRY O. y BREDY. 1970. NYLE. Naturaleza y propiedades de los suelos. Barcelona: Montaner y Simón S.A., 590p.

CARDENAS, E y GARRIDO, Ana. 1996. Determinación del Riesgo por Contaminación del Acuífero Morroa en el Área de Sincelejo, Corozal y Morroa. Sincelejo, 130p. Trabajo de grado (Ingenieros Agrícolas). Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería.

CEPEDA. Juan. Química de suelos. México: Trillas. 167p.

GAVANDE. SAMPAT. A. 1987. Física de suelos, principios y aplicaciones. México: Limusa.

GUARDIOLA, L y JIMENEZ, Sandra 1999. Modelo de Simulación del Acuífero Morroa en la zona de Corozal, Sincelejo y Morroa 1999. , 210p. Trabajo de grado (Ingenieros Agrícolas). Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería.

INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL. 1981, Estudio Hidrogeológico del Flanco Nor – Oriental de la Serranía de San Jacinto y de la Zona Litoral del Golfo del Morrosquillo. Tomo I: Generalidades – Geología. Convenio Colombo – Holandés. Bogotá: INSFOPAL,p. 10 – 13.

IGAC, 1990, Propiedades Físicas de los suelos, Bogotá, 813 p.

IGAC. 1998, Estudios general de suelos y zonificación Biofísica del Departamento de Sucre, Bogotá, 98 p.

INSTITUTO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. 2001. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC. , 132p.

JUAREZ, E. y RICO, A. 1999. Mecánica de suelos. 2 ed. México. Limusa. 641 p.

LAMBE, W. y WHITMAN, R. 1998. Mecánica de suelos. 2 ed. México. Limusa 582 p.

MÁRQUEZ, G .1983. Propiedades ingenieriles de los suelos. Medellín: universidad nacional. 243 p.

RODRÍGUEZ, Graciela. 1993. Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Morroa – Sucre. Bogotá: INGEOMINAS, 180p.

Sistema de Información para la Gestión del Recurso Hídrico en el Acuífero Morroa – SIGAS (FINAGUAS, CARSUCRE) Sincelejo, Febrero de 2001. 120 p.

WHITLOW, R. 1994. Fundamentos de mecánica de suelos. México: continental S. A. 589 p.

ANEXOS

Anexo A. Resultados de campo velocidad de infiltración “método de los anillos infiltrómetros”

Velocidad de Infiltración (Anillos Concéntricos)

Proyecto: Diagnostico de la Permeabilidad y la Infiltración de los Suelos de la Zona del Acuífero Morroa en a Zona Sincelejo, Corozal, Morroa.

Localización: Corregimiento Las Tinas (Corozal)

Prueba # 1

%H: 10.37

Tiempo del Reloj	Minutos Entre lecturas	Tiempo Acumulado Min.	Lectura de Nivel cm.	Diferencia Niveles cm.	Infiltración Acumulada cm.
7:30 am	1	0	9,6	0	0
	1	1	9,1	0,5	0,5
	1	2	9	0,1	0,6
	1	3	8,9	0,1	0,7
	2	5	8,8	0,1	0,8
	2	7	8,65	0,15	0,95
	3	10	8,5	0,15	1,1
	5	15	8,3	0,2	1,3
	5	20	8,15	0,15	1,45
8:00 am	10	30	7,85	0,3	1,75
	10	40	7,7	0,15	1,9
	20	60	7,1	0,6	2,5
	20	80	6,8	0,3	2,8
	20	100	6,3	0,5	3,3
	10	110	6,0/12,7	0,3	3,6
	20	130	12,3	0,4	4
	20	150	11,6	0,7	4,7
10:30 am.	30	180	10,8	0,8	5,5

Infiltración Acumulada I_a (cm /hr) = $0.387T^{0.484}$

Infiltración Instantánea I_i (cm/hr): $I_i = 11.24T^{-0.52}$

Infiltración Básica (cm/hr): $I_b = 0.58$

Coefficiente de correlación: $r^2 = 0.976$

Velocidad de Infiltración (Anillos Concéntricos)

Proyecto: Diagnostico de la Permeabilidad y la Infiltración de los Suelos de la Zona del Acuífero Morroa en a Zona Sincelejo, Corozal, Morroa.

Localización: Corregimiento Las Tinias (Corozal)

Prueba # 2

%H: 7.26

Tiempo del Reloj	Minutos Entre lecturas	Tiempo Acumulado Min.	Lectura de Nivel	Diferencia Niveles cm.	Infiltración Acumulada cm.
7:45 am.	1	0	9,7	0	0
	1	1	9,2	0,5	0,5
	1	2	8,6	0,6	1,1
	1	3	8,4	0,2	1,3
	2	5	8,3	0,1	1,4
	2	7	8,2	0,1	1,5
	3	10	6,3	1,9	3,4
8:00 am.	5	15	5,4	0,9	4,3
	5	20	4,35/9,0	1,05	5,35
	10	30	7	2	7,35
	10	40	5,2/13,6	1,8	9,15
	20	60	9	4,6	13,75
	20	80	5,4/13,0	3,6	17,35
	20	100	8,9	4,1	21,45
	20	120	5,5	3,4	24,85
	6	126	4,4/13,0	1,1	25,95
	14	140	10,4	2,6	28,55
	20	160	6,8	3,6	32,15
	16	176	4,0/13,1	2,8	34,95
11:00 am.	14	190	10,5	2,6	37,55
	20	210	6,8	3,7	41,25
	20	230	5,3/13,8	1,5	42,75
	20	250	12.6	1.2	43.45
	30	280	11.6	1.0	44.45
	30	310	10.6	1.0	45.45
1:30 pm.	30	340	9.6	1.0	46.45

Infiltración Acumulada (cm / hr) $I_a = 0.320T^{*0.891}$

Infiltración Instantánea (cm/hr): $I_i = 17.12T^{*-0.11}$

Infiltración Básica (cm/hr): $I_b = 10.84$

Coefficiente de correlación: $r^2 = 0.993$

Velocidad de Infiltración (Anillos Concéntricos)

Proyecto: Diagnostico de la Permeabilidad y la Infiltración de los Suelos de la Zona del Acuífero Morroa en a Zona Sincelejo, Corozal, Morroa.

Localización: Corregimiento Las Tinias (Corozal)

Prueba # 3

%H: 6.46

Tiempo del Reloj	Minutos Entre lecturas	Tiempo Acumulado Min.	Lectura de Nivel	Diferencia Niveles cm.	Infiltración Acumulada cm.
8:00 am.	1	0	11.1	0.0	0.0
	1	1	10.6	0.5	0.5
	1	2	10.2	0.4	0.9
	1	3	9.9	0.3	1.2
	2	5	9.5	0.4	1.6
	2	7	8.9	0.6	2.2
	3	10	8.4	0.5	2.7
	5	15	7.6	0.8	3.5
	5	20	6.9/14.9	0.7	4.2
	10	40	11.6	3.3	7.5
	10	60	8.9	2.7	10.2
	20	80	6.6/14.9	2.3	12.5
9:30 am.	20	105	11.8	3.1	15.6
	20	125	7.4	2.4	18.0
	20	145	7.4	2.0	20.0
	30	165	5.5/15.7	1.9	21.9
	30	185	13.9	1.8	23.7
	30	200	12.5	1.4	25.1
	30	225	10.4	2.1	27.2
	30	255	7.9	2.5	29.7
	30	285	5.5/14.6	2.4	32.1
	30	315	12.1	2.5	34.6
1:30 am.	30	345	10.0	2.0	36.6

Infiltración Acumulada (cm): $I_a = 0.509T^{0.734}$

Infiltración Instantánea (cm/hr): $I_i = 22.38T^{-0.27}$

Infiltración Básica (cm/hr): $I_b = 5.79$

Coefficiente de correlación: $r^2 = 0.997$

Velocidad de Infiltración (Anillos Concéntricos)

Proyecto: Diagnostico de la Permeabilidad y la Infiltración de los Suelos de la Zona del Acuífero Morroa en a Zona Sincelejo, Corozal, Morroa.

Localización: Corregimiento Las Tinas (Corozal)

Prueba # 4

%H: 9.62

Tiempo del Reloj	Minutos Entre lecturas	Tiempo Acumulado Min.	Lectura de Nivel cm.	Diferencia Niveles cm.	Infiltración Acumulada cm.
10:45 am.	0	0	8.9	0.0	0.0
	1	1	8.3	0.6	0.6
	1	2	8.0	0.3	0.9
	1	3	7.7	0.3	1.2
	2	5	7.5	0.2	1.4
	2	7	7.3	0.2	1.6
	3	10	6.8	0.5	2.1
	5	15	6.4	0.4	2.5
	5	20	5.9/11.2	0.5	3.0
	10	30	10.1	1.1	4.1
	10	40	9.1	1.0	5.1
	20	60	7.3	1.8	6.9
	20	80	5.5	1.8	8.7
	20	100	4.5/11.4	1.0	9.7
	20	120	9.5	1.9	11.6
	20	140	7.3	2.2	13.8
	20	160	5.2/11.7	2.1	15.9
	20	180	9.9	1.8	17.7
	30	210	8.4	1.5	19.2
	30	240	7.2	1.2	20.4
	30	270	6.2/10.9	1.0	21.4
3:45 pm.	30	300	9.9	1.0	22.4

Infiltración acumulada (cm): $la = 0.497T*0.662$

Infiltración Instantánea (cm/hr): $li = 19.73T*-0.34$

Infiltración Básica (cm/hr): $lb = 3.28$

Coefficiente de correlación: $r2 = 0.994$

Velocidad de Infiltración (Anillos Concéntricos)

Proyecto: Diagnostico de la Permeabilidad y la Infiltración de los Suelos de la Zona del Acuífero Morroa en a Zona Sincelejo, Corozal, Morroa.

Localización: Corregimiento Las Tinias (Corozal)

Prueba # 5

%H: 10.64

Tiempo del Reloj	Minutos Entre lecturas	Tiempo Acumulado Min.	Lectura de Nivel cm	Diferencia Niveles cm.	Infiltración Acumulada cm.
7:30 am.	0	0	8.5	0.0	0.0
	1	1	7.8	0.7	0.7
	1	2	7.3	0.5	1.2
	1	3	6.9	0.4	1.6
	2	5	6.3	0.6	2.2
	2	7	5.8	0.5	2.7
	3	10	5.1/9.0	0.7	3.4
	5	15	8.0	1.0	4.4
	5	20	7.0	1.0	5.4
	10	30	5.4	1.6	7.0
	10	40	4.0/10.6	1.4	8.4
	20	60	7.5	3.1	11.5
	20	80	4.9	2.6	14.1
	20	100	4.2/9.1	0.7	14.8
	20	120	6.8	2.3	17.1
	30	150	4.6/13.6	2.2	19.3
	30	180	11.6	2.0	21.3
	30	210	9.9	1.7	23.0
	30	240	8.5	1.4	24.4
	30	270	7.2	1.3	25.7
	30	300	6.1/12.8	0.9	26.8
	30	330	11.9	0.9	27.7
	30	360	11.2	0.7	28.4
	30	390	10.6	0.6	29.0
	30	420	10.1	0.5	29.5
3:00 pm.	30	450	10.1	0.5	29.5

Infiltración Acumulada (cm): $I_a = 0.617T^{*0.696}$

Infiltración Instantánea (cm/hr): $I_i = 25.74T^{*-0.30}$

Infiltración Básica (cm/hr): $I_b = 5.28$

Coefficiente de correlación: $r^2 = 0.996$

**Anexo B. Resultados de campo coeficiente de permeabilidad
“método de Porchet”**

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso

Prueba # 6

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 1

Profundidad: 48cm

Diámetro: 8.6 Cm

Radio: 4.3 Cm

%H 12.92

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.0	52.70	43.00		
2	0.50	53.20	42.50	2.87	Moderada
3	1.00	53.80	41.90	4.94	Moderada
4	1.50	54.30	41.40	3.10	Moderada
5	2.00	54.80	40.90	3.07	Moderada
6	3.00	55.40	40.30	2.65	Moderada
7	5.00	56.80	38.90	2.45	Moderada
8	7.00	57.90	37.80	2.25	Moderada
9	10.00	59.20	36.50	2.00	Moderada
10	15.00	60.80	34.90	1.70	Moderadamente Lenta
11	20.00	62.10	33.60	1.50	Moderadamente Lenta
12	25.00	62.90	32.80	1.32	Moderadamente Lenta
13	30.00	63.80	31.90	1.21	Moderadamente Lenta
14	40.00	65.30	30.40	1.05	Moderadamente Lenta
15	50.00	66.20	29.50	0.91	Moderadamente Lenta
16	60.00	66.90	28.80	0.81	Moderadamente Lenta
17	70.00	67.60	28.10	0.74	Moderadamente Lenta
18	80.00	68.30	27.40	0.68	Moderadamente Lenta
19	100.00	69.40	26.30	0.59	Moderadamente Lenta
20	120.00	70.60	25.10	0.54	Moderadamente Lenta
21	140.00	71.30	24.40	0.49	Moderadamente Lenta

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso Prueba # 6

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 2

Profundidad: 46 cm

Diámetro: 8.6 cm

Radio: 4.3 cm

%H: 16.70

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.0	48.20	40.0		
2	0.50	49.90	38.30	10.61	Moderadamente Lenta
3	1.00	51.30	36.90	9.84	Moderadamente Lenta
4	1.50	52.60	35.60	9.47	Moderadamente Lenta
5	2.00	53.50	34.70	8.66	Moderadamente Lenta
6	3.00	55.50	32.70	8.17	Moderadamente Lenta
7	5.00	59.00	29.20	7.63	Moderadamente Lenta
8	7.00	61.90	26.30	7.23	Moderadamente Lenta
9	10.00	65.60	22.60	6.86	Moderadamente Lenta
10	15.00	70.00	18.20	6.25	Rapida
11	20.00	74.20	14.200	6.18	Rapida
12	25.00	77.80	10.40	6.24	Rapida
13	30.00	81.40	6.80	6.65	Moderadamente Lenta

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso

Prueba # 1

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 3

Profundidad: 50 cm

Diámetro: 8.6 cm

Radio: 4.3 cm

%H 15.31

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.0	38.30	45.00		
2	0.50	38.90	44.40	3.30	Moderada
3	1.00	39.50	43.80	3.32	Moderada
4	1.50	40.00	43.30	3.15	Moderada
5	2.00	40.40	42.90	2.93	Moderada
6	3.00	41.10	42.70	2.15	Moderada
7	5.00	43.80	39.50	3.20	Moderada
8	7.00	44.50	38.80	2.59	Moderada
9	10.00	46.10	37.20	2.33	Moderada
10	15.00	47.90	35.40	1.95	Moderadamente Lenta
11	25.00	50.90	32.40	1.60	Moderadamente Lenta
12	35.00	53.40	29.90	1.42	Moderadamente Lenta
13	45.00	55.50	27.80	1.30	Moderadamente Lenta
14	55.00	57.60	25.70	1.23	Moderadamente Lenta
15	75.00	60.70	22.60	1.11	Moderadamente Lenta
16	95.00	63.30	20.00	1.02	Moderadamente Lenta
17	115.00	65.70	17.60	0.95	Moderadamente Lenta

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso Prueba # 6

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 4 Profundidad: 51 cm

Diámetro: 8.6 cm Radio: 4.3 cm %H 13.70

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.00	41.80	45.00		
2	0.50	43.60	43.20	10.03	Mod. Rapida
3	1.00	45.00	41.80	9.06	Mod. Rapida
4	1.50	46.20	40.60	8.41	Mod. Rapida
5	2.00	47.00	39.80	7.53	Mod. Rapida
6	3.00	48.40	38.40	6.48	Mod. Rapida
7	5.00	50.70	36.10	5.39	Moderada
8	7.00	52.40	34.40	4.69	Moderada
9	10.00	54.80	32.00	4.16	Moderada
10	15.00	57.80	29.00	3.56	Moderada
11	20.00	59.50	27.30	3.03	Moderada
12	25.00	61.10	25.70	2.71	Moderada
13	30.00	62.20	24.20	2.50	Moderada
14	40.00	65.70	21.10	2.28	Moderada
15	50.00	66.80	20.00	1.95	Mod. Rapida

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso

Prueba # 6

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 5

Profundidad: 48 cm

Diámetro: 8.6 cm

Radio: 4.3 cm

%H: 15.28

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.0	64.20	36.00		
2	0.50	65.30	34.90	7.54	Mod. Rápida
3	1.00	66.10	34.10	6.58	Mod. Rápida
4	1.50	67.30	32.90	7.28	Mod. Rápida
5	2.00	67.90	32.30	6.57	Mod. Rápida
6	2.50	68.50	31.70	6.16	Mod. Rápida
7	3.00	69.30	30.90	6.17	Mod. Rápida
8	5.00	71.40	28.80	5.39	Mod. Rápida
9	7.00	73.10	27.10	4.89	Moderada
10	10.00	75.00	25.20	4.29	Moderada
11	15.00	77.10	23.10	3.54	Moderada
12	20.00	79.00	21.20	3.16	Moderada
13	30.00	81.40	18.80	2.57	Moderada
14	40.00	83.60	16.60	2.29	Moderada
15	60.00	86.20	14.00	1.85	Moderada

Coeficiente De Permeabilidad (Método De Porchet)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y La Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Suelo: Franco Arenoso

Prueba # 6

Localización: Las Tinas (Corregimiento De Corozal)

Perforación # 6

Profundidad: 45 cm

Diámetro: 8.6 cm

Radio: 4.3 cm

%H: 18.32

Lectura	Ti(min)	H'l(cm)	Hi(cm)	K(cm/hr)	GRADO
1	0.0	47.60	40.00		Rápida
2	0.50	50.40	37.20	17.71	Rápida
3	1.00	52.30	35.30	15.23	Rápida
4	1.50	53.80	33.80	13.67	Rápida
5	2.00	55.20	32.40	12.81	Mod. Rápida
6	3.00	57.40	30.20	11.37	Mod. Rápida
7	5.00	60.20	27.40	9.15	Mod. Rápida
8	7.00	62.10	25.50	7.76	Mod. Rápida
9	10.00	64.30	23.30	6.50	Mod. Rápida
10	15.00	66.70	20.90	5.18	Moderada
11	20.00	68.70	18.90	4.47	Moderada
12	25.00	70.20	17.40	3.40	Moderada
13	30.00	71.60	16.00	3.62	Moderada
14	40.00	72.50	15.10	2.88	Moderada
15	60.00	83.30	14.30	2.02	Moderada

Anexo C. Resultados de laboratorio coeficiente de permeabilidad “método de cabeza variable”

Coeficiente de Permeabilidad (Cabeza Variable)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y la Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Localización: Las Tinias

Estrato: E1

Peso del suelo + cilindro: 6912 gr.

Área: 81.39 cm²

Peso del cilindro: 5414 gr.

Altura: 11. cm

Peso del suelo: 1498 gr.

Vol: 944 cm³

Peso Unitario: 15.56 Kn/m³

Datos de ensayo

ENSAYO N°	hi (c/m)	h2 (c/m)	T (sg)	Qin (cm ³)	Qout (cm ³)	T °C
1	152	142	43.10	15.4	15.5	27
2	152	142	48.05	15.4	15.5	27
3	152	142	38.76	15.4	15.5	27
4	152	142	40.55	15.4	16.0	27
Promedio	152	142	42.61	15.4	15.62	27

$$nT / n20 = 0.8502$$

$$KT = (aL / At) \ln (h_1 / h_2) = 3.502 \times 10^{-4} \text{ cm / sg}$$

$$K20 = KTnT / n20 = 2.9 \times 10^{-4} \text{ cm / sg} = 1.072 \text{ cm / hr.}$$

Coeficiente de Permeabilidad (Cabeza Variable)

Localización: Las Tinias

Estrato: E2

Peso del suelo + cilindro: 6735 gr.

Área: 81.39 cm²

Peso del cilindro: 5323 gr.

Altura: 11. cm

Peso del suelo: 1412 gr.

Vol: 944 cm³

Peso Unitario: 14.66 Kn/m³

Datos de ensayo

ENSAYO N°	hi, (c/m)	h2 (c/m)	T (sg)	Qin (cm ³)	Qout (cm ³)	T °C
1	152	142	74.0	15.4	15.0	27.0
2	152	142	75.0	15.4	15.5	27.0
3	152	142	77.0	15.4	15.5	27.0
4	152	142	74.5	15.4	15.0	27.0
Promedio	152	142	75.13	15.4	15.25	27.0

$$nT / n20 = 0.8502$$

$$KT = (aL / At) \ln (h_1 / h_2) = 1.99 \times 10^{-4} \text{ cm / sg}$$

$$K20 = KTnT / n20 = 1.70 \times 10^{-4} \text{ cm / sg} = 0.612 \text{ cm / hr.}$$

Coeficiente de Permeabilidad (Cabeza Variable)

Proyecto: Diagnostico de la Infiltración y la Permeabilidad de la Zona de Recarga del Acuífero Morroa en la Zona Sincelejo, Corozal y Morroa.

Localización: Las Tinias

Estrato: E3

Peso del suelo + cilindro: 6703 gr.

Área: 81.39 cm²

Peso del cilindro: 5215 gr.

Altura: 11. cm

Peso del suelo: 1488 gr.

Vol: 944 cm³

Peso unitario: 15.45 KN / m³

Datos de ensayo

ENSAYO Nº	h _i (c/m)	h ₂ (c/m)	T (sg)	Q _{in} (cm ³)	Q _{out} (cm ³)	T °C
1	152	142	9.3	15.4	15.5	27.0
2	152	142	9.4	15.4	16.0	27.0
3	152	142	10.05	15.4	16.0	27.0
4	152	142	9.5	15.4	15.5	27.0
Promedio	152	142	9.56	15.4	15.75	27.0

$$nT / n20 = 0.8502$$

$$KT = (aL / At) \ln (h_1 / h_2) = 1.56 \times 10^{-03} \text{ cm / sg}$$

$$K20 = KTnT / n20 = 1.13 \times 10^{-03} \text{ cm / sg} = 4.075 \text{ cm / hr.}$$

Anexo D. Resultados de laboratorio “análisis químicos”.

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTRO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Resultados De Análisis De Suelos
Caracterización

Análisis N°: 20
Municipio: Corozal
Estrato N° 1

Departamento: Sucre
Corregimiento: Las Tinias

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION
pH (Agua 1:1, P/V)	5.97	Ligeramente Acido
Materia Orgánica (%)	0.43	Deficiente
Fosforo (ppm), Bray II	12.77	M.
C.I.C. (meq./100gr. Suelo)	16.77	M
Calcio (meq./100gr. Suelo)	4.40	B.
Magnesio (meq./100gr. Suelo)	7.67	M.A.
Potasio (meq./100gr. Suelo)	0.025	M.B.
Sodio (meq./100gr. Suelo)	1.12	E.
Aluminio Intercambiable	-----	
Textura (M. Bouyoucos)	F.A	Franco Arenoso
Arena (%)	68.67	
Arcilla (%)	17.30	
Limo (%)	14.00	
Saturación de calcio (%)	7.37	Muy Pobre
Saturación de magnesio (%)	12.86	Medio
Saturación de sodio (%)	1.88	Muy Pobre

INTERPRETACIÓN Y OBSERVACIONES

M.B: Muy Baja
M.A: Muy Alta

B: Baja
E: Excesivo

M: Media A: Alta
M.E: Muy Excesivo

ANTONIO TOVAR ORTEGA
Analizo

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Resultados De Análisis De Suelos
 Caracterización

Análisis N°: 21
 Municipio: Corozal
 Estrato N° 2

Departamento: Sucre
 Corregimiento: Las Tinias

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION
pH (Agua 1:1, P/V)	6.92	Casi Neutro
Materia Orgánica (%)	0.34	Deficiente
Fósforo (ppm), Bray II	36.15	A.
C.I.C. (meq./100gr. Suelo)	20.35	A.
Calcio (meq./100gr. Suelo)	6.30	M.
Magnesio (meq./100gr. Suelo)	11.83	E.
Potasio (meq./100gr. Suelo)	0.070	M.B.
Sodio (meq./100gr. Suelo)	2.24	E.
Aluminio Intercambiable	-----	-----
Textura (M. Bouyoucos)	F.Ar.A	Franco arcillo Arenoso
Arena (%)	55.70	
Arcilla (%)	20.00	
Limo (%)	24.30	
Saturación de calcio (%)	30.96	Medio
Saturación de magnesio (%)	58.13	Excesivo
Saturación de sodio (%)	11.01	Bueno

INTERPRETACIÓN Y OBSERVACIONES

M.B.: Muy Baja

B: Baja

M: Media

A: Alta

M.A.: Muy Alta

E: Excesivo

M.E.: Muy Excesivo

ANTONIO TOVAR ORTEGA

Analizo

UNIVERSIDAD DE SUCRE
CENTO DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Resultados De Análisis De Suelos
 Caracterización

Análisis N°: 22
 Municipio: Corozal
 Estrato N° 3

Departamento: Sucre
 Corregimiento: Las Tinias

DETERMINACION	VALOR	INTERPRETACION
pH (Agua 1:1, P/V)	6.43	Ligeramente Acido
Materia Orgánica (%)	0.23	Deficiente
Fósforo (ppm), Bray II	22.81	M.
C.I.C. (meq./100gr. Suelo)	13.20	M.
Calcio (meq./100gr. Suelo)	1.90	M.B.
Magnesio (meq./100gr. Suelo)	6.19	M.
Potasio (meq./100gr. Suelo)	0.025	M.B.
Sodio (meq./100gr. Suelo)	1.35	E.
Aluminio Intercambiable	-----	-----
Textura (M. Bouyoucos)	F. A	Franco Arenoso
Arena (%)	80.60	
Arcilla (%)	12.90	
Limo (%)	6.50	
Saturación de calcio (%)	14.39	Bajo
Saturación de magnesio (%)	46.90	Abundante
Saturación de sodio (%)	10.23	Bueno

INTERPRETACIÓN Y OBSERVACIONES

M.B.: Muy Baja

B: Baja

M: Media

A: Alta

M.A: Muy Alta

E: Excesivo

M.E.: Muy Excesivo

ANTONIO TOVAR ORTEGA

Analizo