



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:
*“DETERMINACION DE LOS INDICES AMBIENTALES POR
CONTAMINACION DEL USO DE PESTICIDAS AGRICOLAS
EN LAS PLANTACIONES DE BANANO DEL SECTOR DE
TENGUEL – PROVINCIA DEL GUAYAS”*

AUTOR:
ING. GASTON PROAÑO CADENA

DIRECTOR:
GUIDO YANEZ QUINTANA, PhD

NOVIEMBRE 2007

GUAYAQUIL - ECUADOR

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

ACTA DE APROBACIÓN

TEMA:

**"DETERMINACION DE LOS INDICES AMBIENTALES POR
CONTAMINACION DEL USO DE PESTICIDAS AGRICOLAS EN LAS
PLANTACIONES DE BANANO DEL SECTOR DE TENGUEL – PROVINCIA DEL
GUAYAS"**

AUTOR:

Ing. Gastón Proaño Cadena, MSc

Aprobada en su estilo y contenido por

Ing. Qco. José Quiroz Pérez, MAE
Decano de la Facultad de Ingeniería Química

Ing. Qco. Carlos Muñoz
Director de la Maestría

Dr. Guido Yáñez Q, PhD
Tutor de tesis

**LA RESPONSABILIDAD DEL CONTENIDO
COMPLETO PRESENTADO EN ESTE INFORME
TECNICO, CORRESPONDE EXCLUSIVAMENTE
AL AUTOR:**

**GASTÓN NICOLÁS
PROAÑO CADENA**

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por darme la vida y salud para concluir mis estudios; a mis hijos que con su amor y sacrificio me apoyaron en mi propósito; a mi esposa por estar siempre a mi lado impulsándome para que siga adelante; a los profesores que me impartieron sus conocimientos, a los compañeros de estudio con quienes compartimos experiencias.

Gastón Proaño Cadena

DEDICATORIA

Con mucho amor para mis hijos: Nahín, Nicolás y en especial a mi esposa Daniela, que me ha servido de apoyo para trascender en todos los momentos de mi vida, ya que por ellos me he esforzado para darles ejemplo de superación, trabajo; y culminar con éxito la maestría.

Gastón Proaño Cadena

INDICE GENERAL

Resumen Ejecutivo

CAPITULO 1:

PRESENTACION DEL ESTUDIO

1. 1 Antecedentes	1
1.2 El problema	4
1.3 Marco teórico	
1.3.1 Institucional	5
1.3.2 Científico técnico	5
1.4 Objetivos de la investigación	7
1.5 Marco legal	7
1.5.1 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola	9
1.5.2 Criterios de remediación o restauración del suelo	12

CAPITULO 2 :

DESCRIPCION DE LA CUENCA DE DRENAJE DEL RIO TENGUEL

2.1 Ubicación geográfica y política	34
2.2 Análisis cuantitativo de los sistemas de drenaje	37
2.3 Sistema de erosión fluvial	38
2.4 Elementos de morfología fluvial	39
2.4.1 Definición de cuenca	40
2.4.1.1 Delimitación de la cuenca	41
2.4.1.2 Reglas practicas para el trazado de la divisoria topográfica	41
2.4.2 El orden de los cauces	41
2.4.3 Longitud de los cauces	45
2.4.3.1 Relación del área y orden de las cuencas	48
2.4.4 Densidad de drenaje	49
2.4.5 La pendiente de los ríos	51
2.4.5.1 La pendiente de las paredes de los valles	53
2.5 Clasificación geomorfológico de los cauces existentes en la cuenca del río Tenguel	54
2.5.1 Tamaño del cauce	55
2.5.2 Tipo de flujo	56
2.5.3 Material del lecho	58

2.5.4 Limite del Cauce y vegetación	60
CAPITULO 3:	
CAMPANA DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RIO TENGUEL	
3.1 Campaña de muestreo de suelos en la Cuenca del Río Tenguel	64
3.2 Campaña de Muestreo de Aguas en la Cuenca del Río Tenguel	69
CAPITULO 4:	
ENSAYOS DE LABORATORIO	
4.1 Ensayos granulométricos	74
4.1.1 Fracción granular gruesa	76
4.1.2 Fracción granular Fina	77
4.1.3 Resultados de los análisis de granulométricos (Segunda Campaña de muestreo)	86
4.2 Determinación del contenido de humedad	91
4.3 Límites Liquido y Plástico	93
4.3.1 Determinación del Limite Liquido	93
4.3.2 Determinación del Límite Plástico	94
4.4 Determinación del contenido de pesticidas en las muestras de suelo y agua de la cuenca del Río Tenguel	103
4.4.1 Determinación de residuos de plaguicidas órganoclorados en el agua	103
4.4.2 Determinación de residuos de plaguicidas órganofosforados en el agua	106
4.4.3 Determinación de residuos de plaguicidas órganoclorados y órganofosforados en el suelo	108
CAPITULO 5:	
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	
5.1 Criterios de calidad de aguas	115
5.1.1 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y domestico	115
5.1.2 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o riego	116
5.2 Interpretación de resultados	117
5.2.1 Análisis de los plaguicidas órganoclorados en el agua	117
5.2.2 Análisis de los plaguicidas órganofosforados en el agua	121
5.2.3 Análisis de los plaguicidas órganoclorados en el suelo	122

5.2.4	Análisis de los plaguicidas organofosforados en el suelo	124
5.2.5	Análisis granulométrico del suelo	125
CAPITULO 6:		
GENERACIÓN DE MAPAS BASE DE LA CUENCA DEL RÍO TENGUEL		
6.1	Procesamiento de información	127
6.1.1	Definición del Sistema de Información Geográfico	128
6.1.2	Manejo del Programa Autocad	129
6.2	Mapas temáticos	
6.2.1	Mapa de geología	129
6.2.2	Mapa del orden de la cuenca	132
6.2.3	Mapa del tamaño de los cauces	134
6.2.4	Mapa del tipo de flujo	136
6.2.5	Mapa del material del lecho de la cuenca del Río Tenguel	138
6.2.6	Mapa de zonas de pesticidas en los puntos de muestreo suelo	140
6.2.7	Mapa de las zonas infectadas por pesticidas en el agua de los alrededores del área de estudio	142
6.2.8	Mapa de los suelos en los puntos de muestreo	144
CAPITULO 7:		
ESTUDIO ECONÓMICO		
7.1	Introducción	146
7.2	Presupuesto del Estudio	
7.2.1	Costos de personal	147
7.2.2	Tiempo dedicado al desarrollo de tesis	147
7.2.3	Costos totales del personal	148
7.2.4	Costos de análisis químicos y ensayos físicos	
1.	Suelo: ensayos físicos	148
2.	Suelo: ensayos físicos	148
7.3	Costos de Recursos de materiales	
7.3.1	Adquisición del material cartográfico	149
7.3.2	Costos de recursos informáticos	149
7.3.3	Costos de materiales fungibles	149
7.4	Gastos varios	150
7.5	Costo total de proyecto de tesis	150

CAPITULO 8:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones 151

8.2 Recomendaciones 152

ANEXOS

Bibliografía

Glosario

Abreviaturas

Cuadros

Fotografías

Planos

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1.1	
Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola	9
Tabla No. 1.2	
Parámetros de los niveles de guía de la calidad del agua para riego	11
Tabla No. 1.3	
Criterios de remediación o restauración	12
Tabla No. 2.1	
Delimitación de la cuadrícula que contiene la cuenca del Río Tenguel en Coordenadas UTM	34
Tabla No. 2.2	
Orden y número de segmentos de río calculados para la cuenca del Río Tenguel	45
Tabla No. 2.3	
Longitud y relación de longitud de los órdenes de corrientes para la cuenca del Río Tenguel	47
Tabla No. 2.4	
Tabla de gradiente del cauce según los órdenes de corrientes en la cuenca del Río Tenguel	52
Tabla No. 2.5	
Diámetros de las partículas a encontrarse en un cauce	62
Tabla No. 3.1	
Ensayos de laboratorio adquiridas en la cuenca del Río Tenguel	68
Tabla No. 3.2	
Pesticidas rastreados en las muestras de suelo y agua adquiridas en la cuenca del Río Tenguel	72
Tabla No. 4.1	
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo, suelo-análisis físicos, primera campaña de muestreo	75
Tabla No. 4.2	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (Contenido Granulométrico)	79
Tabla No. 4.3	
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo, segunda campaña	87

Tabla No. 4.4	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la cuenca del Río Tenguel (Contenido granulométrico-segunda campaña de muestreo)	88
Tabla No. 4.5	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la cuenca del Río Tenguel (Contenido de humedad)	92
Tabla No. 4.6	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 1)	96
Tabla No. 4.7	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 2)	97
Tabla No. 4.8	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 3)	98
Tabla No. 4.9	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 4)	99
Tabla No. 4.10	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 5)	100
Tabla No. 4.11	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 6)	101
Tabla No. 4.12	
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel, límite líquido y plástico (muestra 7)	102
Tabla No. 4.13	
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo (agua-análisis químicos)	111
Tabla No. 4.14	
Resultados del análisis de pesticidas en las muestras de aguas y suelos de la cuenca del Río Tenguel	112

Tabla No. 5.1	
Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	116
Tabla No. 5.2	
Límites máximos de pesticidas en aguas de riego	117
Tabla No. 5.3	
Valores de organoclorados en muestras de agua	118
Tabla No. 5.4	
Valores de organofosforados en las muestras de agua	121
Tabla No. 5.5	
Resultados de las muestras de suelos con plaguicidas encontrados	122
Tabla No. 5.6	
Muestras de suelo y presencia de organofosforados	124
Tabla No. 5.7	
Distribución de muestras según mayor porcentaje de arcilla	125
Tabla No. 6.1	
Formaciones geológicas de la cuenca del Río Tenguel	129
Tabla No. 6.2	
Resultados de plaguicidas encontrados en muestras de suelo	140
Tabla No. 6.3	
Resultados de pesticidas encontrados en las muestras de agua recogidas en la cuenca del Río Tenguel	142
Tabla No. 6.4	
Resultado de los ensayos granulométricos de las muestras de suelo	144

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 2.1	
Ubicación geográfica de la cuenca del Río Tenguel, implantada en el plano general de la Provincia del Guayas	35
Figura No. 2.2	
Ubicación geográfica de la zona de estudio. La zona de estudio se encuentra ubicada en el área de la cuenca del Río Tenguel	36
Figura No. 2.3	
Clasificación del orden de una cuenca	43
Figura No. 2.4	
Clasificación de los cauces de acuerdo al tipo de flujo en la cuenca del Río Tenguel	57
Figura No. 2.5	
Clasificación de los cauces de la cuenca del Río Tenguel según el material del lecho	59
Figura No. 2.6	
Mapa Geológico de la cuenca del Río Tenguel	61
Figura No. 3.1	
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de suelos en la cuenca del Río Tenguel	65
Figura No. 3.2	
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de agua superficial en la cuenca del Río Tenguel	70
Figura No. 4.1	
Mapa de Suelos de la cuenca del río Tenguel	90
Figura No. 5.1	
Zonas de pesticidas en el agua.	120
Figura No. 6.1	
Mapa geológico de la cuenca del Río Tenguel	131
Figura No. 6.2	
Mapa del orden de la cuenca del Río Tenguel.	133
Figura No. 6.3	
Mapa del tamaño de los cauces de la cuenca del Río Tenguel	135
Figura No 6.4	
Mapa del tipo de flujo del Río Tenguel	137

Figura No. 6.5	
Mapa del material del lecho de la cuenca del Río Tenguel	139
Figura No. 6.6	
Distribución de pesticidas en la cuenca del Río Tenguel	141
Figura No. 6.7	
Distribución de pesticidas en el agua de los alrededores del área de estudio	143
Figura No. 6.8	
Mapa de suelos en los puntos muestreo	145

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 4.1	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 1)	80
Gráfico No. 4.2	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 2)	80
Gráfico No. 4.3	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 3)	81
Gráfico No. 4.4	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 4)	81
Gráfico No. 4.5	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 5)	82
Gráfico No. 4.6	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 6)	82
Gráfico No. 4.7	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 7)	83
Gráfico No. 4.8	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 8)	83
Gráfico No. 4.9	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 9)	84
Gráfico No. 4.10	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 10)	84
Gráfico No. 4.11	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 11)	85
Gráfico No. 4.12	
Distribución del tamaño de las partículas (muestra 12)	85
Gráfico No. 5.1	
Residuos de plaguicidas organoclorados en el agua totales (OCT)	119
Gráfico No. 5.2	
Residuos de Plaguicidas Organoclorados Totales (OCT) en el suelo	123

RESUMEN EJECUTIVO

El Ecuador como país agrícola está dedicado ampliamente al cultivo y exportación de banano y según el PNB-MAG (2000) existen 143,961 hectáreas de cultivo, de modo que esta actividad, de acuerdo al Proyecto SICA (2004) y al Banco Central-MAG (2004) es la que más ingresos le reporta a la nación luego del petróleo con el 39% del total de las exportaciones. Sin embargo, como es normal dentro del manejo de un monocultivo extensivo, varios problemas de plagas, fertilización del suelo, uso de pesticidas agrícolas para crecimiento y desarrollo de la planta, etc. tienen en peligro el futuro de esta actividad agrícola y económica. Por ello, los productores bananeros se ven presionados a invertir mucho dinero en la aplicación de grandes cantidades de insumos agrícolas.

Según el Banco Central (2004) en el año 2001 en importaciones de productos plaguicidas de uso agrícola se gastaron 46,83 millones de dólares en fungicidas, 34,03 millones de dólares en herbicidas y 21,30 millones de dólares en insecticidas. Estos valores se invirtieron en la producción agrícola sin realizar análisis científicos de las necesidades reales del cultivo, que garanticen una aplicación técnica y correcta de los mismos. Cuando se realiza la aplicación de plaguicidas sin ningún control es posible producir una afectación a la calidad del suelo, agua, aire y medio ambiente en general. En varios estudios se ha determinado la acumulación de sustancias químicas tóxicas, que pueden afectar directa o indirectamente al medio ambiente e incluso a los seres humanos.

Frente a esta realidad, el conocer con exactitud el grado de contaminación que sufren el suelo, el agua y los seres humanos, surge como una alternativa importante para solucionar estos problemas, la **determinación de los índices ambientales, que para el presente proyecto de tesis se ha seleccionado el sector de Tenguel.**

Los indicadores ambientales relacionados con el uso de pesticidas agrícolas, permite balancear la **eficiencia en la aplicación de los productos químicos y la posterior absorción tanto por el suelo como por el agua.** Por ello, se propone potenciar este fenómeno e introducirlo consciente y efectivamente como base para la explotación agrícola bananera adecuada,

mediante la aplicación de una metodología propuesta por la Universidad de Ghent- Bélgica, la cual al estar debidamente caracterizada, sirve como una fuente primaria para ser utilizada de manera específica en diferentes zonas de importancia alimenticia y comercial para nuestro país. La aplicación correcta de los pesticidas contribuye a la reducción del gasto de los agricultores en insumos plaguicidas y protección de la contaminación ambiental con iguales o mejores rendimientos agrícolas.

CAPITULO 1

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

1.1 Antecedentes

La aplicación de pesticidas en la fumigación de plantaciones de banano en la zona de Tenguel, ha sido una actividad comercial que vienen realizándose desde el año 1951, cuando se iniciaron los cultivos intensivos de banano en la zona, a cargo de la compañía Standard Fruit Steamship Company de origen norteamericano.

Con el objeto de mantener un control sobre las plagas, malezas y otros agentes nocivos que puedan afectar la producción de dicha fruta, los agricultores utilizan productos plaguicidas que en la mayoría de los casos se consideran como productos tóxicos.

La degradación del medio ambiente constituye uno de los problemas que la humanidad viene ejecutando a lo largo de la historia y en el caso de las plantaciones de banano de la zona de Tenguel, parte de la degradación de dicho entorno, está siendo provocada por la actividad agrícola, ya que esta se hace sin ningún tipo de control y cuidado del ambiente.

Los plaguicidas usualmente contaminan el suelo de forma dispersa o disuelta y aunque pueden contaminar corrientes específicas o pozos subterráneos; no existe un solo conducto por el cual se expulsan estos plaguicidas, lo cual representa un grave peligro si no se toman las correspondientes medidas ambientales.

Los plaguicidas usados en la fumigación de plantaciones bananeras en el país, no solo afectan a las plagas y malezas a los que se quiere combatir, sino que, ciertos residuos permanecen en el entorno afectando el suelo de la zona, las corrientes del agua superficial y los flujos subterráneos de agua, teniendo graves consecuencias para los seres humanos que utilizan agua subterránea como abastecimiento de sus necesidades de limpieza y siendo más grave para su alimentación.

La investigación de estos tipos de contaminación al medio físico y biótico debe ser tomada a consideración, sobretodo si estimamos que no solo se contamina el ecosistema (hecho que debe preocuparnos sobremanera), sino que, este suceso tiene consecuencias nocivas para la salud del ser humano.

Los plaguicidas representan una fuente de contaminación y el agua es la principal vía por la que llega el contaminante al ser humano. El flujo superficial lava, transporta y conduce los plaguicidas no biodegradables desde la parte terrestre hacia la zona de mar.

Los flujos subterráneos reciben los residuos químicos de la superficie donde fueron aplicados, y su valoración se realiza mediante el uso de modelos desarrollados por varios autores, considerando la cantidad de pesticidas que se usan en los procesos de fumigación, así como el tiempo durante el cual se ha realizado esta actividad.

Los suelos se caracterizan por constituir filtros naturales cuya eficiencia depende de la permeabilidad, tamaño de las partículas, solubilidad de los plaguicidas, su naturaleza y composición, que a su vez facilitan o retardan los sistemas móviles de flujos hídricos, tóxicos y peligrosos.

La eficiencia o no de estos filtros naturales, representan un grave riesgo para la salud del ecosistema, ya que, si el suelo es capaz de retener residuos de los plaguicidas, este, a mediano o largo plazo, se verá comprometido a reducir su calidad productiva. Como consecuencia el suelo será contaminado por la acumulación de los tóxicos en sus partículas; y por otra parte, si no es capaz de retener los pesticidas, estas descenderán hasta ser absorbidas por alguna

corriente de agua subterránea, las cuales desembocan en ríos, lagos o mares, llevando estos agentes tóxicos y contaminando sus aguas.

El perjudicado final es el hombre, quien usa el agua de los ríos y flujos subterráneos (pozos) contaminando así su organismo y deteriorando su salud. Un proceso de producción que desencadena en la contaminación progresiva del ecosistema y principalmente del hombre, refleja la irresponsabilidad con la que se lleva a cabo esta actividad.

Bajo esta realidad, las leyes de los países que consumen el banano ecuatoriano, especialmente en Europa, pronto pondrán restricciones sanitarias muy severas para la venta de la fruta.

Nuestro producto mostrará desventajas frente a sus competidores, los cuales de acuerdo al Tratado de Libre Comercio que ya han firmado y que el Ecuador lo tiene pendiente, gozan ya de ciertos privilegios económicos.

Si a todo lo anterior, sumamos las restricciones sanitarias que impondrán los países importadores por el desinterés en el cuidado del ambiente, se esta comprometiendo una actividad de enorme importancia económica para el país, ya que actualmente genera muchas fuentes de trabajo.

Desde el punto de vista de garantizar el desarrollo sostenible y enfrentar los problemas de la toxicidad que causa el uso de pesticidas agrícolas tanto en el suelo como en el agua se hace necesario investigar el grado de contaminación que ocurren en los terrenos agrícolas de nuestro medio.

Para saber como afectan los plaguicidas en la salud humana, es importante conocer el nivel de la calidad ambiental y por tanto se debe contar con un buen conocimiento del funcionamiento físico y químico del mismo sistema natural, el cual se hará a través del muestreo de los suelos y aguas de la zona objeto del presente estudio.

Al concluir la investigación propuesta en la tesis, se espera obtener parámetros de contaminación y podría utilizarse modelos que faciliten interpretar

cómo los contaminantes se difunden a través del medio natural, dejando a la sociedad una conciencia de preservación y economía ambiental en los procesos de producción de banano y de cualquier otro cultivo agrícola que se desarrolle no solo en esta parte del país sino a nivel nacional.

1.2 El problema

En la presente tesis se determina los índices ambientales por el uso de pesticidas agrícolas en la zona de Tenguel, Provincia del Guayas que se concentran en los suelos y aguas de las plantaciones de banano por efecto de las fumigaciones y control de plagas.

Al término de la investigación y de comprobarse mediante los ensayos de laboratorio que el medio físico está contaminado, se plantearán políticas de uso y aplicación adecuadas de los pesticidas para mitigar el impacto al medio ambiente que ocasiona dicha actividad. Esto último, será posible en el caso de obtener datos de contaminación cuyos valores estén sobre los límites considerados en las normas y leyes vigentes en el país y aplicables para este tipo de contaminantes.

Si el resultado de los análisis de laboratorio confirman la presencia de plaguicidas en el suelo o en el agua estudiada en el sector de Tenguel, se propondrán medidas de prevención y mitigación de conformidad con las recomendaciones señaladas en trabajos realizados tanto en Ecuador como en otros países.

Existen soluciones alternativas propuestas por investigadores y profesionales que desarrollan en su área de trabajo como la agricultura de banano. Estas alternativas podrían ser propuestas, siempre y cuando el nivel de contenido de pesticidas en los suelos supere el nivel máximo aceptable en las normas y leyes vigentes descritas mas adelante, en el numeral 5.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Institucional

La investigación del contenido de pesticidas en el suelo y agua en los cultivos de banano de la zona de Tenguel, se lleva a cabo en esta tesis, para determinar los porcentajes de los productos tóxicos mediante una campaña de muestreo de suelos y agua.

Los análisis químicos se efectuaron en el Laboratorio de Residuos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, esta ubicado en la dependencia del Servicio de Sanidad Agropecuaria e Instituto de Ciencias Químicas del Ministerio de Agricultura, en Sangolquí-Quito.

Este laboratorio permite realizar los análisis respectivos de las muestras de suelo y agua previamente seleccionadas y cuyos resultados cuentan con una certificación que valida la investigación.

1.3.2 Científico técnico

Un índice ambiental es un valor o una clasificación descriptiva de datos de campo o de laboratorio cuyo propósito constituye la simplificación de la información para su posterior uso y aplicación y la toma de decisiones.

El uso de pesticidas en la producción de banano es una práctica común que los agricultores de la zona de Tenguel, la usan sin el control adecuado tanto en calidad como en cantidad siendo el agua, el suelo y el aire los medios ambientales que sufren el deterioro a vista y paciencia de las autoridades.

Varios estudios realizados en distintos sitios del país han determinado la presencia de residuos de sustancias tóxicas derivadas del uso de pesticidas tanto en el suelo, agua, aire, así como, en trabajadores y personal técnico que manipula estas sustancias. Con los índices ambientales que se determinen en la zona de Tenguel es probable establecer una relación de los impactos que sufre el ecosistema biológico de las aguas del perfil litoral que bañan los terrenos del

sector, así, como también el impacto ambiental en la industria camaronera muy cercana al sitio de investigación.

En la publicación del Diario Guayaquileño El Universo, del 2 de Junio del 2007, en su página 8 Producción se hace referencia al mal manejo de los Agroquímicos que realizan los agricultores de nuestro país.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación considera que el buen uso de los plaguicidas es una herramienta clave para conseguir mejores resultados en la producción de alimentos y la recuperación económica de los seres humanos.

No está comprobado, pero existe la posibilidad, que durante el fenómeno El Niño de los años 1997-1998, se produjo un lavado de los suelos superficiales pertenecientes a la zona litoral del país, debido a la escorrentía de las lluvias, cuyo espesor se estima en cinco centímetros.

Las partículas de suelo de este horizonte superficial que estaban cargadas de productos tóxicos particularmente de plaguicidas utilizados en el cultivo de banano se encontrarían distribuidas en la plataforma continental y áreas cercanas al perfil litoral. Al realizar la presente investigación se podrá establecer la presencia de plaguicidas en los suelos y aguas del horizonte superficial actual, situación importante previa a la ocurrencia de otro fenómeno de El Niño.

Existen varias funciones matemáticas y modelos desarrollados para prevenir daños ambientales y que en este proyecto de tesis se pretende utilizar uno de ellos (de ser necesario) para que se facilite la interpretación y el entendimiento del daño que puede ocasionar la presencia de plaguicidas en el suelo y el agua. El programa básico para la generación del mapa base es el AutoCad.

Si los valores del contenido de pesticidas en significativo, se hará uso del modelo SWAT propuesto por investigadores norteamericanos y de uso frecuente en este tipo de investigación.

1.4- Objetivos de la investigación

El alcance de la investigación se describe en los objetivos propuestos en el siguiente numeral.

Objetivo general

Determinar los índices ambientales por el uso de pesticidas agrícolas en la zona de Tenguel - provincia del Guayas tanto en suelo como en agua, siguiendo un muestreo sistemático y a través del análisis de laboratorio mediante ensayos químicos conforme a las normas y leyes ambientales vigentes.

Objetivos específicos

1. Determinar las concentraciones de los plaguicidas en el agua de canales que reciben el agua desde las plantaciones de banano y del suelo donde se ha cultivado banano.
2. Establecer los porcentajes de las concentraciones de los plaguicidas en el suelo y en el agua superficial de la zona de Tenguel, en los sitios determinados en base al área de investigación.
3. Correlacionar los resultados del contenido de pesticidas con el proceso de escorrentía de la cuenca del río Tenguel.
4. Interpretar el contenido de pesticidas en las muestras de suelo y agua investigadas con el manejo de la cuenca de drenaje del río Tenguel, en la provincia del Guayas.

1.5 Marco Legal

Las leyes y reglamentos que han sido considerados en el desarrollo de la presente Tesis son los siguientes:

a) La Constitución Política de la Republica de Ecuador expedida por la Asamblea Nacional Constituyente, en el Título III, Capítulo 5, en la Sección Segunda, DEL MEDIO AMBIENTE contempla 6 artículos referentes al tema ambiental (del 86 al 91). Cabe destacar que el Art. 86 establece que: "El Estado

protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”.

b) El Código de Salud (DE 188. RO 158: 02-02-1971) en el ,libro II, de las Acciones en el Campo de Protección de la Salud, Título I del Saneamiento Ambiental, contiene siete artículos (del 6 al 12) que se refieren al saneamiento ambiental; y a las atribuciones del Ministerio de Salud. El Art. 12 sostiene que: “Ninguna persona podrá eliminar hacia el aire, el suelo o las aguas, los residuos sólidos, líquidos o gaseosos, sin previo tratamiento que los conviertan en inofensivos para la salud”.

c) Ley de Aguas (DS369. RO 69: 30-05-1972), en el Capítulo II: De la contaminación Art. 22 expresa: “Prohibiese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna”.

d) Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental (DS 374. RO 97: 31-05-1976), en el Capítulo V de la Prevención y Control de la Contaminación del Aire, indica que los trabajadores deben sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio del Ministerio de Salud, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia”

La misma Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental, en el capítulo VII, De la Prevención y Control de Contaminación de los Suelos, en el Art. 20, expresa: “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes”

e) Las Políticas Básicas Ambientales (DE 1802. RO: 456 de07-06-1994) en el Art.8 reconoce: “Que, si bien la participación en apoyo a programas y proyectos de promoción y ayuda para la adecuada gestión ambiental en el país corresponde a todos los habitantes del Ecuador mediante la participación democrática a todo nivel, es necesario impulsar la presencia y efectiva

participación de grupos humanos que, por diversas razones históricas, no han sido actores muy directos de decisiones y acciones de interés nacional:

El Estado Ecuatoriano promoverá y privilegiará la participación, como ejecutores y beneficiarios, en programas y proyectos tendientes a lograr la adecuada gestión ambiental en el país de la sociedad nacional, a través de organizaciones no públicas, de grupos menos favorecidos, de la mujer, de los niños y de los jóvenes de organizaciones que representan a minorías, poblaciones indígenas y sus comunidades, trabajadores, sus sindicatos y organizaciones clasistas, empresarios y sus empresas y organismos, agricultores y trabajadores del campo, comunidad científica y tecnológica.

1.5.1 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 1.1):

Tabla No. 1.1

Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	<i>VISIBLE</i>		<i>AUSENCIA</i>
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SUPLEMENTARIO para el Ecuador

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 1.2):

Tabla No. 1.2

Parámetros de los niveles de guía de la calidad del agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	Unidades	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1): CE (2) SDT (3)	Milimhos/cm mg/l	0,7 450	0,7 450	3,0 2000	>3,0 >2000
Infiltración (4): RAS = 0 – 3 y CE RAS = 3 – 6 y CE RAS = 6 – 12 y CE RAS = 12 – 20 y CE RAS = 20 – 40 y CE		0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,2 0,3 0,5 1,3 2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 <1,3 <2,9
Toxicidad por ión específico (5): - Sodio: Irrigación superficial RAS (6) Aspersión	meq/l	3,0 3,0	3,0 3,0	9	> 9,0
- Cloruros Irrigación superficial Aspersión	meq/l meq/l	4,0 3,0	4,0 3,0	10,0	>10,0
- Boro	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7): - Nitrógeno (N-NO ₃) - Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l meq/l	5,0 1,5	5,0 1,5	30,0 8,5	>30,0 > 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

Fuente: Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SUPLEMENTARIO para el Ecuador

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm. = 1000 micromhos/cm.).

(3) Sólidos disueltos totales.

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.

(7) Afecta a los cultivos susceptibles.

1.5.2 Criterios de remediación o restauración del suelo

Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo al uso que se de al suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial), y son presentados en la Tabla 1.3. Tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración.

Tabla No. 1.3
Criterios de remediación o restauración
(Valores máximos permitidos)

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Parámetros Generales					
Conductividad	mmhos/cm.	2	2	4	4
pH		6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Parámetros Inorgánicos					
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	12	15	15	15
Azufre (elemental)	mg/kg	500	-	-	-
Bario	mg/kg	750	500	2000	2000
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	2	-	-	-
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Cobalto	mg/kg	40	50	300	300
Cobre	mg/kg	63	63	91	91
Cromo Total	mg/kg	65	65	90	90
Cromo VI	mg/kg	0.4	0.4	1.4	1.4
Cianuro (libre)	mg/kg	0.9	0.9	8.0	8.0
Estaño	mg/kg	5	50	300	300
Flúor (total)	mg/kg	200	400	2000	2000
Mercurio (inorgánico)	mg/kg	0.8	2	10	10
Molibdeno	mg/kg	5	10	40	40
Níquel	mg/kg	50	100	100	100
Plata	mg/kg	20	20	40	40
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Selenio	mg/kg	2	3	10	10
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	200	380	380
Parámetros orgánicos					
Aceites y Grasas Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos	mg/kg	500	<2 500	<4 000	<4 000
Benceno	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Etilbenceno	mg/kg	0.1	1.2	20	20
Estireno	mg/kg	0.1	5	50	50

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Tolueno	mg/kg	0.1	0.8	0.8	0.8
Xileno	mg/kg	0.1	1	17	20
Compuestos Fenólicos	mg/kg	-	-	-	-
Clorofenoles (cada uno)	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Fenoles (total)	mg/kg	3.8	3.8	3.8	3.8
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	mg/kg	<2		<5	<1
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0.1	1	1	1
Benzo(a)pirenos	mg/kg	0.1	0.7	0.7	0.7
Naftaleno	mg/kg	0.1	0.6	22	22
Pirenos	mg/kg	0.1	10	10	10
Hidrocarburos Clorinados					
Bifenilopoliclorados (PCBs) total	mg/kg	0.5	1.3	33	33
Clorinados Alifáticos (cada uno)	mg/kg	0.1	5	50	50
Clorobencenos (cada uno)		0.05	2	10	10
Tetracloroetilenos	mg/kg	0.1	0.2	0.5	0.6
Tricloroetileno	mg/kg	0.1	3	30	30
Pesticidas					
Pesticidas organoclorados y sus Metabolitos totales *	mg/kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Aldrin					
Dieldrin					
Clordano					
DDT(total) ¹					
Endosulfan (total) ²					
Endrin (total) ³	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Heptacloro ⁴	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Hexaclorociclohexano (todos los isómeros) ⁵	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Atrazina	mg/kg	0.005	0.005	0.005	0.005
Carbofuran	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Orgánicos Misceláneos		-	-	-	-
Alifáticos no Clorinados (cada uno)	mg/kg	0.3	-	-	-

Fuente: Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SUPLEMENTARIO para el Ecuador; n.d. no disponible

*Total: La concentración total es la suma de la concentración de los constituyentes individuales de los pesticidas listados

1. • 4.4-DDT
 - 4.4-DDE (p p'-DDX)
 - 4.4-DDD (p p'-TDE)
2. • a- endosulfan-Alfa

- b- endosulfan-Beta
- sulfato de endosulfan
- 3. • endrin
 - Aldehído de endrin
- 4. • heptacloro
 - Epoxi-heptacloro
- 5. • a- BHC- Alfa
 - b-BHC-Beta
 - r-BHC (lindano)
 - g-BHC-Delta

Reglamento y Políticas del Manejo de desechos peligrosos (Sección I)
Ministerio de Medio Ambiente (Unidad técnica)

Art. 145.- El Ministerio del Ambiente (MA) es la autoridad competente y rectora en la aplicación de este reglamento. Para este efecto se encargará de:

- a) Coordinar la definición y formulación de políticas sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos en todo el territorio nacional.
- b) Expedir los instructivos, normas técnicas y demás instrumentos normativos necesarios para la adecuada aplicación de este reglamento, en coordinación con las instituciones correspondientes.
- c) Promover como objetivo principal la minimización de la generación de los desechos, las formas de tratamiento que implique el reciclado y reutilización, la incorporación de tecnologías más adecuadas y apropiadas desde el punto de vista ambiental y el tratamiento en el lugar donde se generen los desechos.
- d) Aprobar los planes, programas y proyectos, elaborados por la Unidad Técnica del MA encargada de la aplicación de este Reglamento y otras instituciones tendientes a conseguir un manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos en el país.

- e) Promover la participación de los actores involucrados en la gestión de los desechos peligrosos, en la planificación y toma de decisiones.
- f) Promover la creación y el mantenimiento de un fondo permanente con el fin de asistir en casos de emergencia ocasionados por accidentes ambientales.
- g) Fomentar el uso de tecnologías limpias que reduzcan la generación de desechos peligrosos.
- h) Determinar, actualizar y publicar los listados de desechos peligrosos.
- i) Promover y coordinar programas de capacitación en nuevas técnicas y tecnologías limpias en el ámbito nacional.

Art. 146.- La Unidad Técnica del MA encargada de la aplicación de este Reglamento es la Secretaría Técnica de Productos Químicos Peligrosos (STPQP), y será competente para:

- a) Regular, controlar, vigilar, supervisar y fiscalizar la gestión de los desechos peligrosos en todo el territorio nacional en todas sus fases constituyentes desde su generación hasta su disposición final. en coordinación con las instituciones competentes.
- b) Establecer un registro y un régimen de autorizaciones que otorgue licencias a personas naturales o jurídicas que generen, almacenen, transporten, traten, reciclen, exporten, realicen otras operaciones de manejo o de disposición final de desechos peligrosos en coordinación con las instituciones competentes.
- c) Controlar el tráfico ilegal y el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos dentro del territorio nacional en concordancia con lo dispuesto en el Convenio de Basilea y otros compromisos internacionales, coordinando acciones, planes y programas con la Secretaría del Convenio y las instituciones del estado correspondientes.
- d) Coordinar el cumplimiento de las decisiones adoptadas por el Convenio de Basilea, así como informar a la Secretaría del Convenio sobre el tráfico ilícito de desechos peligrosos y los generados en el país.

- e) Elaborar planes, programas y proyectos, tendientes a conseguir un manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos en el país.
- f) Crear y mantener actualizado un sistema de información de libre acceso a la población, con el objeto de difundir las medidas que se implementen con relación a la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, reciclaje, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.
- g) Evaluar y aprobar los estudios de impacto ambiental exigidos por el presente Reglamento en coordinación con las instituciones competentes.
- h) Elaborar y someter a la aprobación de la autoridad competente del MA los instructivos, normas técnicas y demás instrumentos normativos necesarios para la aplicación del presente reglamento.
- i) Promover la investigación en materia de desechos peligrosos con la participación de los centros de educación superior e investigación.
- j) Coordinar un sistema de monitoreo de los efectos en la salud humana y el medio ambiente ocasionados por el manejo de los desechos peligrosos, con los organismos competentes.
- k) Prestar la asistencia técnica a los gobiernos seccionales y coordinar con ellos la aplicación de este reglamento, cuando exista la delegación correspondiente, y, en tal virtud, supervisarlos y calificarlos técnicamente.
- l) Realizar las demás funciones que sean necesarias dentro del área de su competencia que le asigne la máxima autoridad del MA.

Art. 147.- Para el cumplimiento de las políticas y normas sobre gestión de desechos peligrosos, el MA descentralizará las funciones, competencias y recursos que posee en favor de otras entidades que tengan autoridad sobre este ámbito, y en particular de los municipios del país que demuestren capacidad administrativa para realizar el control pertinente. Para el efecto, se dará la asistencia técnica y se celebrarán los convenios que sean necesarios.

Otros organismos competentes (Sección II)

Art. 148.- Los Ministerios de Salud, de Energía y Minas, el de Agricultura Comercio Exterior, Industrialización y Pesca, el de Desarrollo Urbano y Vivienda, el de Relaciones Exteriores coordinarán acciones dentro del ámbito de sus

competencias con el Ministerio de Ambiente y en función a lo dispuesto en el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en la aplicación del presente reglamento.

En materia de importación, exportación y tránsito de desechos peligrosos, el Ministerio de Ambiente coordinará con los Ministerios de Finanzas y Crédito Público, y de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca y el Sistema Aduanero.

Art. 149.- Los gobiernos seccionales, previa delegación, están obligados y facultados de manera general y en el marco de la LGA y sus reglamentos, a exigir el cumplimiento de las disposiciones de este instrumento, sin perjuicio de la coordinación que deban mantener con el Ministerio de Ambiente.

Fases de la gestión de desechos peligrosos (Sección I)

De la generación

Art. 150.- Todo generador de desechos peligrosos es el titular y responsable del manejo de los mismos hasta su disposición final, siendo su responsabilidad:

1. Tomar medidas con el fin de minimizar al máximo la generación de desechos peligrosos.
2. Almacenar los desechos en condiciones ambientalmente seguras, evitando su contacto con el agua y la mezcla entre aquellos que sean incompatibles.
3. Disponer de instalaciones adecuadas para realizar el almacenamiento temporal de los desechos, con accesibilidad a los vehículos recolectores.
4. Realizar la entrega de los desechos para su adecuado manejo, únicamente a las personas autorizadas para el efecto por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.
5. Inscribir su actividad y los desechos peligrosos que generan, ante la STPQP o de las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva, el cual remitirá la información necesaria al MA.
6. Llevar en forma obligatoria un registro del origen, cantidades producidas, características y destino de los desechos peligrosos, cualquiera sea ésta, de los cuales realizará una declaración en forma anual ante la Autoridad

Competente; esta declaración es única para cada generador e independiente del número de desechos y centros de producción. La declaración se identificará con un número exclusivo para cada generador.

7. Esta declaración será juramentada y se lo realizará de acuerdo con el formulario correspondiente, el generador se responsabiliza de la exactitud de la información declarada, la cual estará sujeta a comprobación por parte de la Autoridad Competente.
8. Identificar y caracterizar los desechos peligrosos generados, de acuerdo a la norma técnica correspondiente.
9. Antes de entregar sus desechos peligrosos a un prestador de servicios, deberá demostrar ante la autoridad competente que no es posible aprovecharlos dentro de su instalación.

Art. 151.- Los proyectos de instalación de actividades nuevas que vayan a producir desechos peligrosos de acuerdo con los procesos de producción y las materias primas a utilizarse, de igual manera deberán presentar la declaración determinada en el numeral 5. del artículo precedente, la cual será requisito previo para la aprobación por parte de la Autoridad Competente. Igualmente, deberán realizar un estudio de impacto ambiental conjuntamente con los estudios de ingeniería, el cual es requisito para su aprobación.

Art. 152.- El generador deberá informar de forma inmediata a la STPQP del MA, de accidentes producidos durante la generación y manejo de los desechos peligrosos. El ocultamiento de esta información recibirá la sanción prevista en este reglamento.

Parágrafo 4°

De los tratamientos

Art. 166.- En los casos previstos por las normas técnicas pertinentes, previamente a su disposición final, los desechos peligrosos deberán recibir el tratamiento técnico correspondiente y cumplir con los parámetros de control vigentes. Para efectos del tratamiento, los efluentes líquidos, lodos, desechos sólidos y gases producto de los sistemas de tratamiento de desechos peligrosos, serán considerados como peligrosos.

Art. 167.- Los efluentes líquidos del tratamiento de desechos líquidos, sólidos y gaseosos peligrosos, deberán cumplir con lo estipulado en la Ley de Gestión Ambiental, Ley de Prevención y Control de la Contaminación, en sus respectivos reglamentos, en las ordenanzas pertinentes y otras normas que sobre este tema expida el MA.

Sección V

De la disposición final

Art. 185.- Las características geológicas mínimas que deberá cumplir el estrato donde van a ser depositados los desechos peligrosos en forma permanente, son:

1. El área del pozo de desecho debe ser geológicamente estable
2. La formación para eliminación o recepción de desechos debe tener una buena permeabilidad para aceptar el desecho y ser lo suficientemente grande para recibir desechos por un tiempo razonablemente prolongado.
3. Debe existir estratos impermeables entre la formación de eliminación de desecho y la superficie o agua para consumo humano existente en el subsuelo. No deben existir fracturas verticales las cuales podrían provocar que el desecho entre en contacto con el agua del subsuelo.
4. La formación debe estar aislada de los reservorios de petróleo y gas.

CAPÍTULO III – De los mecanismos de prevención y control

Sección I

Prohibiciones generales

Art. 187.- Las personas que manejen desechos peligrosos en cualquiera de sus etapas, deberán contar con un plan de contingencia en caso de accidentes, el cual deberá estar permanentemente actualizado y será aprobado por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.

Art. 188.- Quienes desarrollen o se apresten a ejecutar actividades que generen desechos peligrosos, deberán solicitar y obtener la licencia ambiental por parte del MA para continuar haciéndolas o para empezarlas, según el caso. La solicitud deberá ir acompañada de un estudio de impacto ambiental de dichas actividades.

Art. 189.- El generador, recolector, transportador, reciclador, almacenador y quien realice tratamiento y disposición final de desechos peligrosos, deberá estar cubierto por una póliza de seguro que cubra accidentes y daños contra terceros.

Art. 190.- El MA o las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva periódicamente y cuando sea necesario, realizará inspecciones de vigilancia y control de la gestión de los desechos peligrosos en cualquiera de las etapas de su manejo. Para este fin, de ser necesario, coordinará con las competentes autoridades de la fuerza pública para recibir el apoyo del caso.

Art. 191.- Cualquier ampliación o extensión de las etapas del manejo de desechos peligrosos deberá ser notificada al MA con el fin de conseguir los permisos correspondientes.

TÍTULO VI

Régimen Nacional para la gestión de productos químicos peligrosos

Art. 218.- Ámbito.- La Gestión de Productos Químicos Peligrosos implica el cumplimiento de las disposiciones del Presente Decreto, para lo cual se realizará los controles y pruebas que fueren necesarios, a través del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos.

El presente Régimen regula la Gestión de los Productos Químicos Peligrosos, el que está integrado por las siguientes fases:

- a) Abastecimiento, que comprende importación, formulación y fabricación;
- b) Transporte;

- c) Almacenamiento;
- d) Comercialización;
- e) Utilización;
- f) Disposición final

Art. 219.- Excepciones.- Las disposiciones de este Régimen no rigen para los siguientes productos químicos:

- a) Productos químicos de aplicación farmacéutica y medicamentos para uso humano y animal;
- b) Estupeficientes y sustancias psicotrópicas reguladas por el CONSEP, de acuerdo a la Ley sobre Sustancias Estupeficientes y Psicotrópicas; no se exceptúan las denominadas sustancias "precursoras";
- c) Materiales radiactivos regulados por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, de acuerdo a la Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica y normas correspondientes;
- d) Aditivos alimentarios; y,
- e) Plaguicidas y demás productos químicos de uso agrícola regulados por la Ley para la Formulación, Fabricación, Importación, Comercialización y Empleo de Plaguicidas y Productos Afines de Uso Agrícola.
- f) Los materiales explosivos regulados por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Las normas contenidas en este Decreto tendrán vigencia en todo aquello que no estuviere expresamente señalado en los cuerpos legales citados.

Art. 220.- Definiciones.- Para efectos de este Decreto se entenderá por:

- a) Producto Químico (PQ).- Toda sustancia orgánica o inorgánica obtenida a través de procesos de transformación físicos y/o químicos y utilizada en actividades industriales, comerciales de servicios o domésticas;

- b) Producto Químico Prohibido.- Todo aquel cuyos usos, por razones sanitarias o ambientales, haya sido prohibido por decisión gubernamental ecuatoriana o por convenios internacionales suscritos o ratificados por el gobierno nacional;
- c) Producto Químico Peligroso.- Es todo aquel que por sus características físico-químicas presenta riesgo de afectación a la salud, el ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición a él.
- d) Producto Químico Rigurosamente Restringido.- Es todo aquel cuyos usos, por razones sanitarias o ambientales, haya sido prohibido prácticamente en su totalidad, pero del que se siguen autorizando, de manera restringida, algunos usos específicos;
- e) Gestión.- Es la actividad o conjunto de actividades realizadas por las distintas personas naturales o jurídicas, que comprenden todas las fases del ciclo de vida de los productos químicos peligrosos; y,
- f) Disposición Final.- Destino último que se da a un producto químico peligroso, una vez que ha terminado su vida útil.

Art. 221.- Objetivos.- Son objetivos del presente Régimen

- a) Controlar la importación, formulación, fabricación, transporte, almacenamiento, comercialización, utilización y disposición final de los productos químicos peligrosos;
- b) Incrementar la seguridad química en la Gestión de Productos Químicos Peligrosos en el país, sin obstaculizar el desarrollo de las actividades productivas;
- c) Normar la gestión de productos químicos peligrosos en el Ecuador mediante la regulación del conjunto de actividades, sujetos y entidades involucradas, de tal forma que contribuyan efectivamente al mejoramiento de la seguridad ambiental de su gestión;
- d) Reglamentar el rol de los sujetos que intervienen en las distintas fases de la gestión de los productos químicos peligrosos;

- e) Articular la aplicación de normas jurídicas relativas a la gestión de los productos químicos peligrosos y armonizar su estructura y su aplicabilidad; y,
- f) Disponer de un listado actualizado de todos los productos químicos que se importan, formulan, fabrican, transportan, almacenan, comercializan, utilizan y disponen en el Ecuador, sin menoscabo de lo que se refiere en el artículo 2.

Art. 222.- Del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos

Peligrosos.- Para la ejecución del presente Decreto créase, con sede en Quito, el Comité Nacional para la Gestión de los Productos Químicos Peligrosos, el que actuará como máxima autoridad en la regulación de la gestión de estos productos en todo el territorio nacional, conforme a la Ley.

Art. 223.- De la conformación del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos.- El Comité estará integrado por los siguientes miembros:

- a) El Subsecretario de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, o su delegado, quien lo presidirá y tendrá voto dirimente;
- b) El Subsecretario de Comercio Exterior del Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca, o su delegado;
- c) El Gerente de la Corporación Aduanera Ecuatoriana o su delegado;
- d) El Director General del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN o su delegado;
- e) El Presidente de la Federación Nacional de Cámaras de Industrias o su delegado;
- f) El Presidente del CEDENMA o su delegado;
- g) Un delegado del Ministerio de Salud Pública;

- h) Un delegado del Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas
- i) Un delegado del Ministerio de Agricultura y Ganadería;
- j) Un delegado del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas;
- k) Un representante del Colegio de Químicos, del Colegio de Ingenieros Químicos y del Colegio de Químicos y Bioquímicos Farmacéuticos, a ser elegido entre los tres Colegios.

Art. 224.- Órganos.- Para la ejecución de sus funciones, el Comité Nacional contará con una Secretaría Técnica permanente y Subcomités Técnicos con fines específicos.

Art. 225.- Funciones del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos.- Corresponde al Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos las siguientes funciones:

- a) Aprobar con base en la propuesta de la Secretaría Técnica, el Programa Nacional de Seguridad en la Gestión de Productos Químicos peligrosos, el cual recogerá las Políticas Básicas Ambientales (Decreto Ejecutivo No. 1802 del 1 de junio de 1994).
- b) Aprobar; con base en la propuesta de la Secretaría Técnica, reglamentos, directrices, criterios técnicos específicos y procedimientos para la adecuada gestión de los productos químicos peligrosos a lo largo de su ciclo de vida;
- c) Actuar como órgano de asesoría, enlace, comunicación y coordinación entre las entidades legalmente facultadas para el control de las distintas fases de la gestión de los productos químicos peligrosos;
- d) Aprobar los reglamentos internos propuestos por la Secretaría Técnica;
- e) Aprobar el Plan de Trabajo anual de la Secretaría Técnica;
- f) Aprobar los informes semestrales y anuales presentados por la Secretaría Técnica;

- g) Aprobar el presupuesto anual de operación de la Secretaría Técnica;
- h) Aprobar los listados de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso rigurosamente restringido, de acuerdo a las características tóxicas y peligrosas que presenten los productos químicos sometidos a investigación. Esta lista será actualizada permanentemente por la Secretaría Técnica;
- i) Conocer y resolver, en el término máximo de quince días, las consultas y apelaciones sobre las resoluciones administrativas emitidas por la Secretaría Técnica;
- j) Determinar el tipo de información sobre los Productos Químicos Peligrosos que se considere como reservada. Para el efecto, el Comité adoptará las medidas que sean convenientes; y,
- k) Conformar los Subcomités Técnicos, en los casos que el Comité Nacional considere necesario.

Art. 226.- De la Secretaría Técnica.- Es el órgano de apoyo y ejecución de las resoluciones del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos. Funcionará adjunta a la Dirección de Prevención y Control de la Contaminación del Ministerio del Ambiente, cuyo Director se desempeñará como Secretario Técnico.

El Ministerio de Finanzas asignará los recursos para la operación de esta Secretaría e implementación del presente Decreto. Se reglamentará la organización y funcionamiento de la Secretaría Técnica.

Art. 227.- Funciones de la Secretaría Técnica.- Corresponde a la Secretaría Técnica las siguientes funciones:

- a) Preparar las políticas y el Programa Nacional de Seguridad Química, el cual contendrá estrategias, proyectos, actividades, normas y mecanismos para optimizar la gestión de productos químicos peligrosos en el Ecuador y presentarlo para su aprobación al Comité Nacional;

- b) Presentar al Comité Nacional, para su aprobación, las propuestas de reglamentos, directrices, criterios técnicos, procedimientos para la adecuada gestión de productos químicos peligrosos, para lo cual se servirá de la información preparada por los Subcomités Técnicos;
- c) Ejecutar las resoluciones del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos.
- d) Colaborar directamente con las diferentes entidades públicas y privadas involucradas en la gestión de productos químicos peligrosos, para lograr el cumplimiento del Programa Nacional de Seguridad Química;
- e) Vigilar que las autoridades correspondientes hagan cumplir lo indicado en el presente Decreto en todas las fases de la gestión de los productos químicos peligrosos;
- f) Desarrollar, en coordinación con los organismos involucrados, campañas de concientización y educación en gestión adecuada de productos químicos peligrosos y minimización de riesgos asociados;
- g) Establecer, mantener y actualizar las Listas Nacionales de Productos Químicos Prohibidos, Peligrosos y de Uso Severamente Restringido que se utilicen en Ecuador, priorizando aquellos que por la magnitud de su uso o por sus características de toxicidad y peligrosidad, representen alto riesgo potencial o comprobado para la salud y el ambiente;
- h) Mantener y actualizar el Registro Nacional de personas naturales o jurídicas que importen, formulen, fabriquen, transporten, almacenen y comercialicen productos químicos peligrosos;
- i) Elaborar los reglamentos necesarios para la aprobación del Comité Nacional.
- j) Elaborar el plan de trabajo anual de la Secretaría Técnica, para la aprobación del Comité Nacional;
- k) Elaborar informes semestrales y anuales para la aprobación del Comité Nacional;
- l) Elaborar el proyecto de presupuesto anual de operación de la Secretaría Técnica para su inclusión en el presupuesto ministerial;

- m) Solicitar al Comité Nacional la conformación de los Subcomités Técnicos que considere necesarios
- n) Solicitar la concurrencia para las sesiones de los Subcomités Técnicos, de delegados de cualquier organismo del Estado o del sector privado;
- o) Dar seguimiento permanente al trabajo de los Subcomités Técnicos;
- p) Aprobar los informes técnicos trimestrales de los distintos Subcomités Técnicos, de los cuales será informado el Comité Nacional;
- q) Realizar el seguimiento del cumplimiento de los distintos acuerdos y convenios internacionales en la materia, suscritos por el país;
- r) Receptar y tramitar consultas y denuncias presentadas por personas naturales y/o jurídicas en la materia; y,
- s) Conocer y resolver, en un período máximo de 15 días, las consultas y apelaciones sobre resoluciones adoptadas por las autoridades correspondientes. De ser necesario se solicitará la resolución del Comité Nacional.

Art. 228.- De los Subcomités Técnicos.- Son los órganos encargados de emitir criterios técnicos específicos para la gestión adecuada de los productos químicos peligrosos.

La identificación de los técnicos que conformarán los diferentes Subcomités Técnicos, estará a cargo de la Secretaría Técnica, quien convocará a especialistas en el tema a tratarse, de entre los cuales se nombrará un coordinador. El Secretario de los Subcomités será un funcionario del Ministerio de Medio Ambiente.

Art. 229.- De las Funciones de los Subcomités Técnicos:

- a) Desarrollar planes y estrategias específicas de acuerdo a su respectiva área de trabajo, teniendo como objetivo lograr una gestión ambientalmente adecuada de los productos químicos peligrosos;

- b) Definir procedimientos y criterios técnicos específicos para la adecuada gestión de los productos químicos peligrosos a lo largo de su ciclo de vida, los mismos que deberán ser propuestos al Comité Nacional para su aprobación y vigencia, a través de la Secretaría Técnica;
- c) Informar permanentemente a la Secretaría Técnica el desarrollo de sus actividades y en forma trimestral al Comité Nacional;
- d) Conocer y tratar asuntos técnicos que les sean solicitados por el Comité Nacional a través de la Secretaría Técnica; y,
- e) Las demás que determine la Secretaría Técnica

Art. 230.- Del Registro de los Productos Químicos.- Para posibilitar la creación y actualización permanente de la Lista, es obligación de todas las personas naturales o jurídicas que se dediquen a la importación, formulación o fabricación de productos químicos peligrosos, registrar cada uno de ellos en la Secretaría Técnica del Comité Nacional, que establecerá el procedimiento correspondiente a través del cual se cubrirán los costos administrativos asociados. Se prohíbe la importación, formulación, fabricación, comercialización y uso de productos químicos peligrosos que no dispongan del registro correspondiente.

Art. 231.- De la información especializada.- Como soporte para la toma de decisiones, el Comité Nacional y la Secretaría Técnica deberán servirse de la información y documentación especializada producida por los organismos internacionales, programas y convenios de los cuales es signatario el Ecuador, particularmente la proporcionada por el Programa Conjunto FAO/PNUMA sobre aplicación del Principio de Información y Consentimiento Previos (ICP), el Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPQPT) y Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química, Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR).

El Comité establecerá la lista de productos de prohibida importación, fabricación, comercialización y uso, así como de aquellos de uso severamente

restringido. Cuando se recibiera información sobre un producto registrado que represente un riesgo para la salud y el ambiente, el Comité Nacional someterá a revisión ese Registro, luego de lo cual procederá justificadamente a restringir, prohibir y/o cancelar dicho registro.

Art. 232.- De la inscripción de las personas que se dediquen en forma total o parcial a la gestión de productos químicos.- Toda persona natural o jurídica que desee importar, formular, fabricar, transportar, almacenar y comercializar productos químicos peligrosos, deberá inscribirse en la Secretaría Técnica del Comité Nacional, el cual reglamentará los requisitos para la inscripción correspondiente de acuerdo a valoraciones técnicas de seguridad que garanticen una gestión adecuada de estos productos.

Las personas naturales o jurídicas señaladas en el presente artículo están obligadas a colaborar con el Comité Nacional para la verificación de la información proporcionada, la cual deberá ir acompañada de la firma del profesional Químico o Ingeniero Químico responsable que junto con la firma de la persona natural o jurídica correspondiente responderá en forma solidaria por cualquier alteración en sus informes.

Art. 233.- De las normas técnicas a cumplirse.- Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de productos químicos peligrosos, deberá ejecutar sus actividades específicas de acuerdo a las normas técnicas emitidas por el Comité Nacional y por el INEN, así como a las normas internacionales legalmente aceptadas.

Art. 234.- De la protección del personal.- Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de productos químicos peligrosos, deberá proporcionar a los trabajadores que entren en contacto con estos productos, el equipo de protección personal y colectiva necesario y suficiente para la labor a realizar, así como también la capacitación del uso seguro y eficiente de productos químicos peligrosos.

Art. 235.- Del etiquetado.- Las etiquetas de los envases de productos químicos peligrosos deben contener la información indispensable para guiar

claramente la seguridad personal y ambiental de su gestión, enmarcándose en las normas elaboradas por el INEN.

Art. 236.- De las hojas de datos de seguridad.- Toda persona que importe, formule, fabrique, transporte, almacene y comercialice productos químicos peligrosos, deberá entregar a los usuarios junto con el producto, las respectivas hojas de datos de seguridad en idioma castellano, en las cuales deberá aparecer la información para su gestión segura incluyendo los riesgos y las medidas de mitigación en caso de accidentes. El formato unificado de las hojas de datos de seguridad será establecido por el Comité Nacional.

Art. 237.- Del reenvase.- Los Productos Químicos Peligrosos pueden ser reenvasados por importadores y fabricantes debidamente inscritos, para lo cual deberán sujetarse a los requisitos técnicos correspondientes, de acuerdo con las características de peligrosidad y toxicidad de cada producto.

Estos requisitos técnicos serán emitidos por el Comité Nacional. En ningún caso los envases que hayan contenido Productos Químicos Peligrosos pueden ser usados para envasar productos de uso y consumo humano y animal.

Art. 238.- Del reciclaje.- Todos los usuarios de productos químicos peligrosos, especialmente del sector industrial, deberán utilizar técnicas ambientalmente adecuadas que promuevan el reciclaje de los desechos y por tanto disminuyan la contaminación. El Comité Nacional y la Secretaría Técnica buscarán información sobre las tecnologías en esta materia y promoverán su difusión y aplicación.

Art. 239.- De la eliminación de desechos o remanentes.- Todas las personas que intervengan en cualquiera de las fases de la gestión de productos químicos peligrosos, están obligadas a minimizar la producción de desechos o remanentes y a responsabilizarse por el manejo adecuado de éstos, de tal forma que no contaminen el ambiente.

Los envases vacíos serán considerados como desechos y deberán ser manejados técnicamente. En caso probado de no existir mecanismos

ambientalmente adecuados para la eliminación final de desechos o remanentes, éstos deberán ser devueltos a los proveedores y podrán ser reexportados de acuerdo con las normas internacionales aplicables.

Art. 240.- Los residuos de los Productos Químicos Peligrosos que puedan permanecer en los alimentos, como consecuencia de la utilización de éstos en los procesos de la industria alimenticia ya sea humana o animal, debe sujetarse a ciertos límites máximos permisibles, que serán establecidos por el Ministerio de Salud Pública. A falta de límites nacionales, deberá tomarse como referencia los establecidos por organismos internacionales como Codees Alimentarius (FAO/OMS) y los de la Oficina de Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos.

Art. 241.- Del Control.- El Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos, a través de su Secretaría Técnica, tiene competencia para exigir el cumplimiento de las disposiciones del presente Decreto, para lo cual realizará los controles que fueren necesarios.

Art. 242.- Del financiamiento de la Secretaría Técnica.- Las actividades de la Secretaría Técnica se financiarán con los siguientes recursos:

- a) Los asignados en el presupuesto del Ministerio del Ambiente; y,
- b) Los aportes de cualquier género, provenientes de instituciones nacionales e internacionales.

Art. 243.- Constituyen infracciones al presente Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental las indicadas a continuación:

- a) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos, si estos no están registrados en la lista del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos;

- b) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos, si la persona natural o jurídica no está inscrita en la Secretaría Técnica del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos;
- c) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos incumpliendo los procedimientos establecidos por el Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos;
- d) Proporcionar información falsa en el registro de un producto químico o en las hojas de seguridad;
- e) No proporcionar a los funcionarios, empleados o trabajadores que estén en contacto con productos químicos, el equipo de protección personal o colectiva adecuado para la labor a realizar, así como de la capacitación del uso seguro y eficiente de productos químicos, en concordancia con lo establecido en el Código del Trabajo;
- f) Comercializar productos químicos en envases cuyas etiquetas no dispongan de la información indispensable para guiar la seguridad de su gestión y no cumplan con las normas elaboradas por el INEN;
- g) No entregar a los usuarios del productos químicos las respectivas hojas de seguridad de los productos, en castellano, según lo establecido en el Art. 19; y,
- h) Utilizar o permitir que se utilicen envases que hayan contenido productos químicos para reenvasar productos de uso y consumo humano, animal o vegetal.

Art. 244.- Las personas naturales o jurídicas que incurran en las infracciones señaladas en el artículo anterior, serán sancionadas de la siguiente manera:

- a) Las infracciones tipificadas en los literales a), b), c), e) y h) del Art. 243 serán sancionadas de acuerdo al Código Penal, Ley Forestal y de Vida Silvestre, Ley de Gestión Ambiental y las demás normas legales respectivas;

b) La infracción tipificada en el literal d) del Art. 243 ocasionará la negación definitiva del Registro, dejando constancia en las listas de la Secretaría Técnica

En el caso de las infracciones tipificadas en los literales a), b), c), e) y d) del Art. 243, ocasionará además, la anulación definitiva del registro de la persona natural o jurídica responsable. Estas sanciones serán cumplidas sin perjuicio de las acciones civiles, penales y administrativas correspondientes.

Art. 245.- De los procedimientos.- Una vez que la autoridad correspondiente, como son comisarios nacionales, comisarios de salud, comisarios municipales, comisarios ambientales, de acuerdo a su respectiva competencia, conozcan ya sea a través de denuncia o de oficio de alguna acción u omisión que atente contra la gestión adecuada de productos químicos peligrosos, sin perjuicio del procedimiento que deban seguir de acuerdo a las instituciones estatales que representan, formulará un informe dirigido al Comité Nacional, el cual contendrá la relación sucinta de los hechos y del modo como llegaron a su conocimiento.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE DRENAJE DEL RIO TENGUEL

2.1 Ubicación geográfica y política

La cuenca hidrográfica del Río Tenguel se encuentra localizada al sur de la provincia del Guayas, que corresponde al sector sur del Ecuador. La cuenca se desarrolla en la falda occidental de Los Andes ecuatorianos y nace a una altitud de 2.900 m.s.n.m hasta su desembocadura en el océano Pacífico, en la boca del río Tenguel (UTM 628.000 E y 9´668.500 N), aguas abajo de la población Tenguel, donde la cota es de cero metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas de la zona de estudio en la cuenca del Río Tenguel se muestran en la siguiente Tabla 2.1.

Tabla No. 2.1

Delimitación de la cuadrícula que contiene la cuenca del Río Tenguel en Coordenadas UTM

Coordenada ESTE	Coordenada NORTE
633.000	9´664.000
633.000	9´671.500
639.000	9´671.500
639.000	9´664.000

En la figura 2.1 se indica la ubicación geográfica de la cuenca del río Tenguel, dentro del territorio de la Provincia del Guayas, que se estudia en la presente tesis.

Figura 2.1

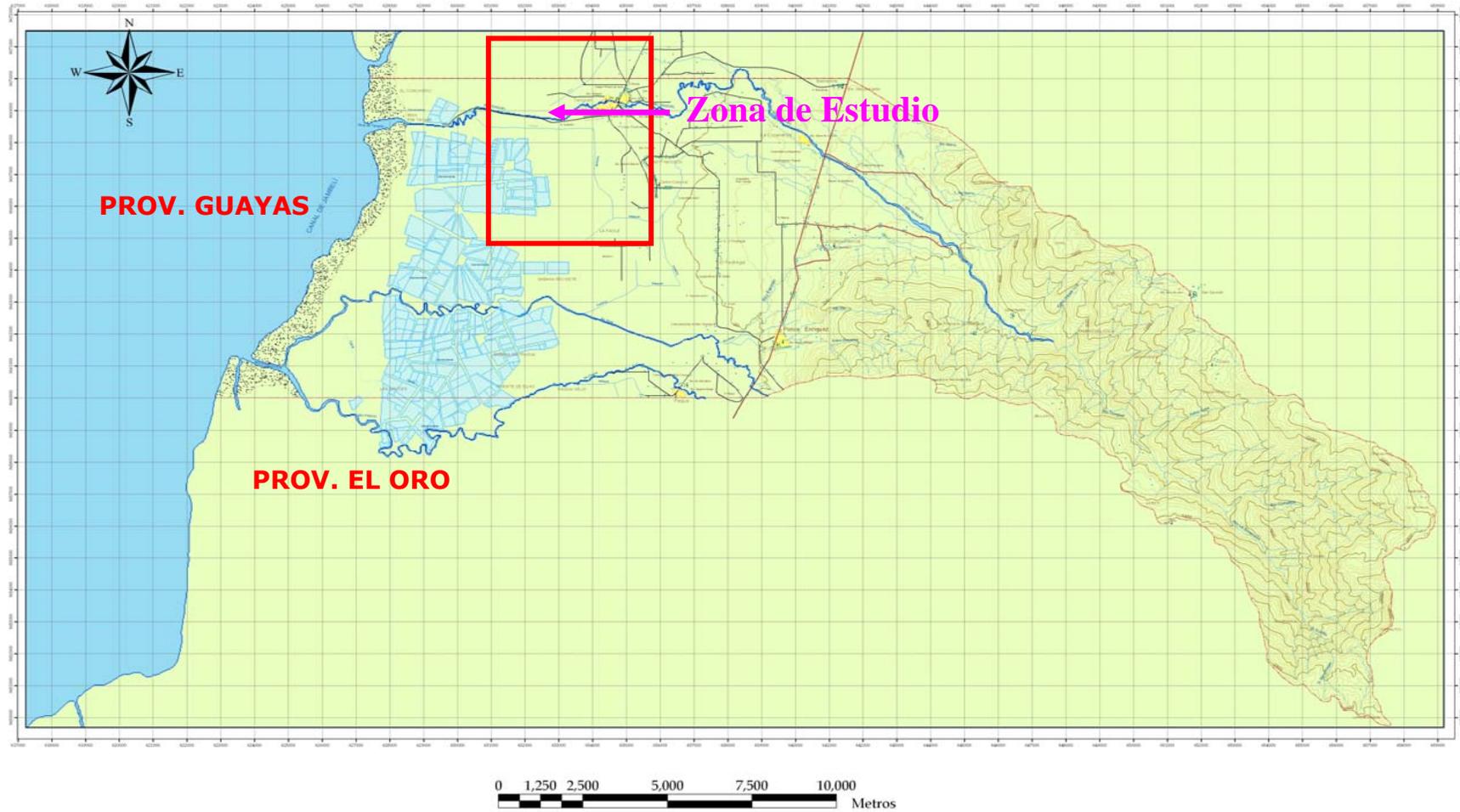
Ubicación geográfica de la cuenca del Río Tenguel, implantada en el plano general de la Provincia del Guayas.



Fuente: www.turismoguayas.com

Figura No. 2.2.

Ubicación geográfica de la zona de estudio. La zona de estudio se encuentra ubicada en el área de la cuenca del Río Tenguel.



En la presente tesis se ha considerado necesario hacer un análisis morfométrico de los cauces que forman la cuenca del río Tenguel, como paso previo, al estudio de los índices ambientales que poseen los suelos y las aguas de este importante sector bananero del país. El área de la Cuenca del río Tenguel es de 4500 Ha. con un perímetro de 27 Km. Para el cálculo se utilizó el programa Autocad señalando las coordenadas en los puntos del perímetro que cubre el área con plantaciones de banano únicamente.

2.2 Análisis cuantitativo de los sistemas de drenaje

Con el propósito de relacionar las condiciones de drenaje de la Cuenca del Río Tenguel con la presencia o ausencia de pesticidas, se incluye en esta tesis, el análisis cuantitativo de la cuenca de drenaje que se basa en el sistema explicativo – descriptivo introducido por el profesor William Morris Davis en 1890.

Durante varias décadas, la clasificación y descripción de las formas de los sistemas de drenaje se realizó de forma empírica sin hacer mediciones, solo se basaban en parámetros descriptivos del paisaje. Las comparaciones se llevaban a cabo mediante adjetivos como “más abrupto” ó “más suave”, “más rápido” ó “más lento”, “bien ajustado” ó “deficientemente ajustado”.

El apoyo de ciencias como la climatología o la hidrología, íntimamente ligadas a la geomorfología, contribuyó al desarrollo del Análisis cuantitativo.

El avance de la tecnología facilitó hacer medidas de la temperatura del aire, presión, vientos, humedad, nubosidad, precipitación, caudales de ríos y escorrentía superficial, que ayudaron a registrar por décadas los parámetros para su análisis posterior.

La edafología, que se ha preocupado hasta ahora de la clasificación y distribución de los grandes tipos de suelos, también ha sido hasta hace poco eminentemente cualitativa y descriptiva. El estudio de suelos que se hace en esta tesis se basa en análisis de los parámetros resultantes de ensayos de laboratorio.

2.3 Sistema de erosión fluvial

Aunque los métodos de estudio cuantitativos pueden aplicarse a cualquier grupo de formas de modelado secuenciales producidas por cualquier proceso de erosión o deposición, esta parte se enfoca específicamente en la erosión y depositación de los materiales sueltos de cuenca del río Tenguel.

En una cuenca de drenaje, las aguas de escorrentía superficial aportan la corriente de agua y otros productos de desintegración de las rocas que son llevados a lo largo de los cauces de los ríos, que a su vez son transportados ya sea como sustancias disueltas o en suspensión, fuera del sistema.

A este sistema lo denominaremos en esta tesis *sistema de erosión fluvial*, ya que la acción erosiva la lleva a cabo el agua que se desplaza por los cauces gracias a la variación de su pendiente.

El sistema de erosión fluvial que se emplea para el análisis cuantitativo, se considera como perteneciente a la fase de madurez y etapas posteriores del ciclo de denudación. En esta zona de estudio, el proceso de denudación ha actuado un tiempo lo suficientemente largo para que toda el área este ocupada por cuencas de drenaje muy próximas unas a otras. Esto se puede apreciar en el plano digitalizado que se adjunta en el anexo.

Como se describe en las unidades posteriores, la diferente resistencia de las masas rocosas a la meteorización y erosión por el trabajo del agua lluvia, ejerce un fuerte control sobre las formas de modelado del paisaje.

Para introducir los principios de un sistema de erosión fluvial ideal, se supone generalmente que el substrato rocoso de la zona ubicada en la cuenca alta del río Tenguel es de composición y estructura uniforme en toda su extensión. Las características del material rocoso se describen en detalle cuando se habla de la geología del sector.

2.4 Elementos de morfología fluvial

La medida de la forma o geometría de cualquier forma natural – sea planta, animal o relieve – recibe el nombre de morfometría. En esta tesis se utiliza el nombre de morfometría fluvial para denotar la medida de las propiedades geométricas de la superficie de un sistema de erosión fluvial.

Los primeros y más simples elementos básicos de un paisaje de erosión fluvial son las propiedades lineales del sistema de cauces del río. Consiste en analizar un sistema ramificado de líneas. Si no tomamos en cuenta las diferentes anchuras de los cauces, todos los ríos pueden considerarse como simples líneas de amplitud extremadamente pequeña. Este criterio de uso universal es aplicado en esta investigación y cuyas propiedades lineales se describen a continuación.

a. Propiedades Lineales

Las *propiedades lineales* quedan, limitadas a cifras que corresponden a longitudes y combinaciones de las diferentes series de segmentos lineales. Aunque estas líneas, se inclinan respecto a la horizontal, el análisis de las propiedades lineales se lleva a cabo con las proyecciones del sistema de cauces al plano horizontal. Este estudio se denomina planimétrico, que significa “medida de un único plano”. Para determinar las medidas de los cauces se utiliza un instrumento de laboratorio conocido como longimetro o curvimetro.

b. Propiedades Superficiales

El segundo tipo de elementos de un sistema de erosión fluvial lo constituyen las propiedades superficiales de las cuencas de drenaje. Para estudiar estas propiedades, de nuevo se proyecta la superficie del terreno en un plano horizontal; por tanto, el estudio es planimétrico que incluye las propiedades superficiales de las cuencas de drenaje y la descripción de las formas de la cuenca y de las subcuencas. La propiedad de superficie estudiada en esta tesis, corresponde al área de la cuenca.

El área, es una propiedad bidimensional que resulta del producto de la longitud por la anchura. Como generalización puede decirse que el área tiene la

función de interceptar la precipitación y aportar sedimentos, mientras que los cauces cumplen mejor la función de transportar el agua y los sedimentos fuera del área.

c. Propiedades del Relieve

El tercer tipo de elementos considerados en la investigación lo constituyen las propiedades del relieve del sistema fluvial. El relieve se refiere a las alturas relativas de las superficies del terreno y los cauces del río, con respecto a la base horizontal de referencia. La base horizontal de referencia es el nivel del mar.

Otro grupo de elementos de esta clase lo constituyen ***los gradientes, o pendientes de las superficies topográficas y de los cauces fluviales***. Estos parámetros condicionan la velocidad de la escorrentía y constituyen medidas de la intensidad del proceso de erosión y de transporte.

A continuación se describe la manera de calcular varias variables de la cuenca de drenaje y que son utilizadas en el estudio de la tesis. Hay varios parámetros morfométricos y de todos ellos se describe en la investigación únicamente los siguientes:

- ❖ Cuenca de drenaje
- ❖ Orden de la cuenca
- ❖ Longitud de la cuenca
- ❖ Densidad de drenaje y
- ❖ Pendiente de la cuenca

2.4.1 Definición de cuenca de Drenaje del Río Tenguel

Se considera necesario introducir los conceptos que definen cada uno de los parámetros indicados anteriormente. Así se define como una cuenca de drenaje toda el área de recepción tal que las aguas que llegan a ella procedentes de una precipitación vienen a desembocar en un mismo punto.

El estudio de la cuenca de drenaje del río Tenguel se inició con su delimitación sobre la hoja topográfica Tenguel escala 1:50000, conforme se detalla mas adelante.

2.4.1.1 Delimitación de la Cuenca del Río Tenguel

Esta acción se cumple mediante el trazado del perímetro de la divisoria o delimitación, que es la línea de contorno de la cuenca. En principio se puede dividir entre divisoria topográfica y divisoria hidrográfica. La primera es la que separa las aguas superficiales que llegan a un punto considerado, de las que pasan a otras cuencas. La divisoria hidrográfica toma en cuenta, además, el recorrido del agua infiltrada en el terreno.

2.4.1.2 Reglas prácticas para el trazado de la divisoria topográfica

Se incluye una serie de reglas prácticas que pueden servir de guía para futuras investigaciones.

- a) La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- b) Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel en su parte convexa.
- c) Cuando la divisoria va disminuyendo su altitud, ésta corta a las curvas de nivel en su parte cóncava.
- d) Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección con ésta ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
- e) Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río o arroyo, excepto en el punto donde se desea cerrar la cuenca. El trazado de la divisoria de aguas que limita la cuenca de drenaje se puede verificar en el plano de la cuenca de drenaje que se indica en el anexo E-2.

2.4.2 Orden de los Cauces

Una de las propiedades lineales estudiadas en el sistema fluvial de la cuenca del río Tenguel constituye el orden de los cauces. La primera

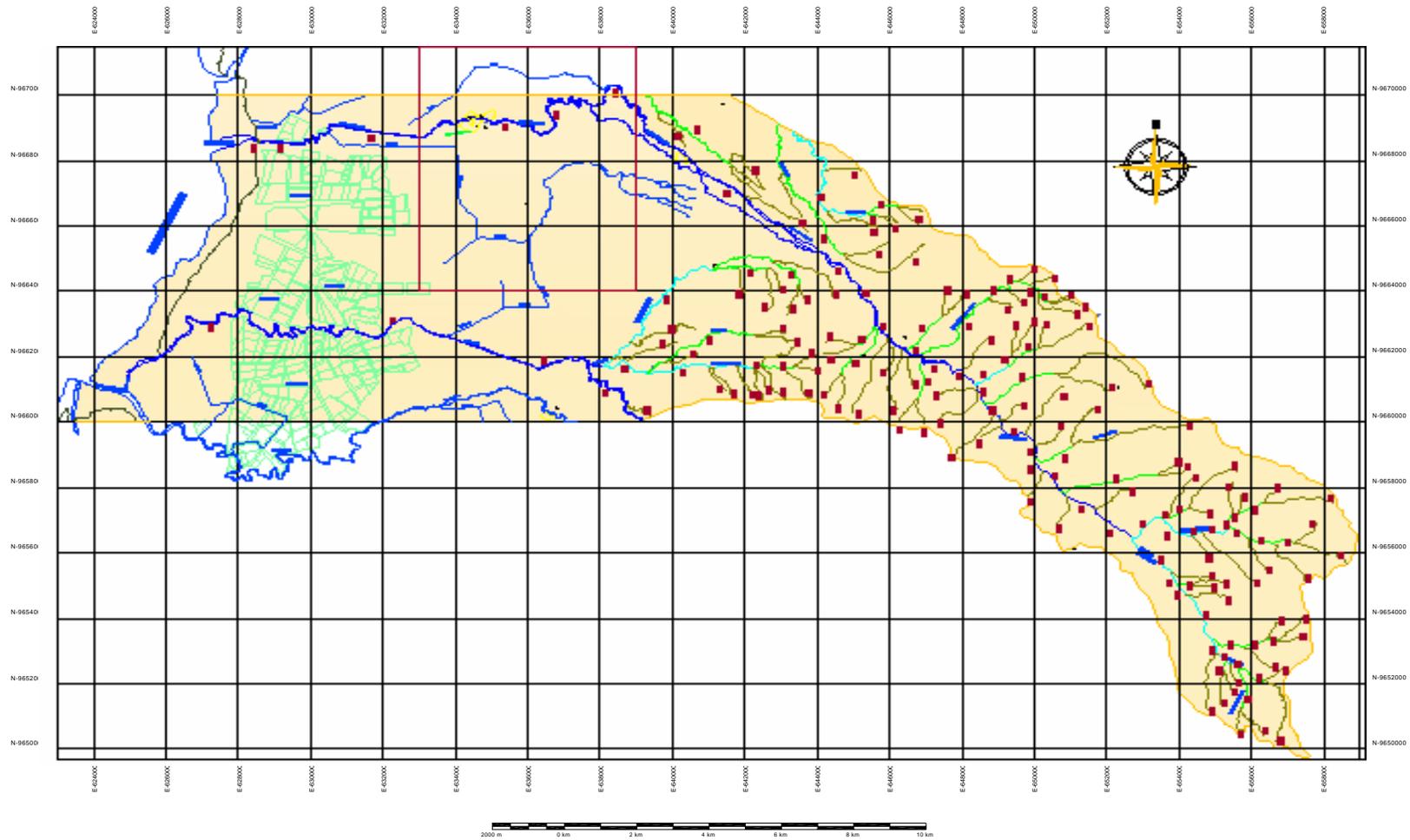
consideración que se tomo en cuenta fue analizar la composición de los sistemas de cauces, considerándolos como líneas situadas sobre un plano, para efecto se subdivide los diferentes ríos que integran la cuenca en segmentos de cauce según la jerarquía de orden de magnitud correspondiente a la asignación de una serie de números a los segmentos de río que permite determinar el orden de la cuenca del río conforme se representa en la Figura 2.3.

En esta figura se identifica con color rojo el perímetro de la cuenca, con color amarillo los segmentos de río de orden 1, con color verde los segmentos de río de orden 2, con color celeste los segmentos de río de orden 3 y con color azul el único segmento de orden 4.

Como resultado del análisis de los segmentos y su jerarquización se puede verificar en la figura 2.3 la cuenca de drenaje corresponde a un orden 4.

Esta metodología que se utiliza en la mayoría de los estudios de cuencas de drenaje se aplico en el estudio de la cuenca del río Tenguel, objeto de investigación en esta tesis.

Figura No. 2.3
Clasificación del orden de una cuenca



El procedimiento recomienda que a cada cauce extremo dentro de la cuenca se le asigne el número 1 y corresponda al segmento de primer orden. En la conjunción de dos segmentos de primer orden se forma un cauce de segundo orden y se prolonga hasta que se une con otro cauce de segundo orden, de lo cual se origina uno de tercer orden, etc. Sin embargo, si un segmento de primer orden se une a otro de segundo orden, a partir del punto de unión no se produce incremento de orden. El río principal de la cuenca es el que tiene el número más elevado de todo el sistema. Los cauces de primero y segundo orden solamente suelen llevar agua en tiempo de lluvias. Esto se puede observar en la figura 2.3.

Si en una región dada, gran parte del sistema de cauces se halla dividido en segmentos y a cada uno de ellos se le ha asignado un orden de acuerdo con las reglas antes expuestas, será posible llevar a cabo algunas generalizaciones acerca de la forma y dimensiones del sistema de drenaje característico de la región.

Con el propósito de hacer un análisis matemático en base a la fórmula definida al término del párrafo, primero se tiene en cuenta la distribución del número de segmentos de cada orden que existe en la cuenca. Para ello el orden de un segmento es designado con el símbolo u ; el número de segmentos de un orden dado se representa por el símbolo N_u . A la proporción existente entre el número de segmentos de un orden dado y los del orden inmediato superior se la denomina relación de bifurcación (símbolo R_b). Así pues, la relación de bifurcación entre órdenes sucesivos es definida como:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

En la cuenca del Río Tenguel según el análisis realizado conforme lo indicado en los párrafos anteriores, se llegó a la conclusión que es una cuenca de orden 4, detallándose el número de segmentos del río y su relación de bifurcación calculada, en la tabla 2.2.

Tabla No. 2.2.
Orden y número de segmentos de río calculados para la
cuenca del Río Tenguel

Orden de la corriente, μ	Numero de segmentos, $N\mu$	Relación de bifurcación, Rb
1	60	4,3
2	14	4,6
3	3	3
4	1	1

El estudio de numerosos sistemas fluviales confirma el principio de que en una región de clima definido, litología homogénea y estado de desarrollo uniforme, la relación de bifurcación tiende a permanecer constante de un orden al siguiente. Los valores de esta relación que oscilan entre 3 y 5 son característicos de los sistemas fluviales que tienen una misma roca o suelo, reciben un régimen de precipitación mas o menos similar cada año.

La cuenca del río Tenguel tiene una relación de bifurcación calculada de 4,3 y 4,6 que representa un valor que cae dentro de la Ley de Horton y que se incluye en el siguiente párrafo, para efecto tanto de conocimiento científico, como de consulta para futuros tesisas.

Robert E. Horton, formuló la ley del número de cauces, que es enunciada así: "El número de segmentos de órdenes sucesivamente inferiores de una cuenca dada tiende a formar una progresión geométrica que comienza con el único segmento de orden más elevado y crece según una relación constante de bifurcación".

2.4.3 Longitud de los cauces

Es otro de los parámetros que se estudia en la cuenca de drenaje y que se incluye en la presente investigación. Como resultado del análisis anterior se puede establecer que la longitud media de los segmentos de cauce se incrementa aproximadamente 4 unidades cada vez que aumenta el número de orden. Esto

es de comprobación si dividimos el número de orden menor al número de orden mayor. Si se divide por ejemplo 14 para 3 resulta 4.6 valor que representa confirmatorio de la ley de Horton.

Esta razón de incremento de longitud se denomina relación de longitud (símbolo, R_L) y tiende a ser aproximadamente constante para cada sistema de drenaje. Las variaciones accidentales que son de esperar en cualquier sistema de drenaje darán lugar a irregularidades en la relación de longitud observada de un orden respecto al siguiente.

La definición de relación de longitud se asemeja a la de relación de bifurcación y se representa con la siguiente fórmula:

$$R_L = \frac{\overline{L}_u}{\overline{L}_{u-1}}$$

El símbolo L_u representa la longitud media de todos los segmentos de cauce de orden u . En la práctica, cuando se lleva a cabo un estudio de una cuenca de drenaje, se emplea un instrumento integrador (medidor de mapas) que se hace correr sobre el mapa por todos los segmentos de cauce de un orden determinado, leyéndose al final la distancia total recorrida.

Para medir la longitud de los segmentos del río se utilizó el instrumento llamado curvímetro de propiedad de la ESPOL, con número de inventario 9344 y de fabricación Suiza. En el anexo fotográfico se presenta una vista del instrumento. Con el instrumento se obtiene lecturas en centímetros que luego se convierte a metros y kilómetros.

Esta longitud total se divide a continuación para el número de segmentos de cada orden y se obtiene la longitud media, expresándolo de un modo más riguroso:

$$\overline{L}_u = \frac{\sum L_u}{N_u}$$

Donde ΣLu es "la suma de las longitudes de todos los segmentos de cauce de orden u".

Horton formula una ley de la longitud de los cauces, que con las necesarias modificaciones se considera necesario incluir en la presente tesis y puede enunciarse como sigue:

"La longitud media acumulada de segmentos de cauce de órdenes sucesivos tiende a formar una progresión geométrica cuyo primer término es la longitud media de los segmentos de primer orden y tiene por razón una relación de longitud constante".

La palabra "acumulada" de esta ley indica que las longitudes medias obtenidas se van sumando progresivamente a partir del segundo orden. En el orden 2 se suman las longitudes medias de los segmentos de cauce de primero y segundo orden; en el orden 3 se suman la de los cauces de orden 1, 2 y 3 y así sucesivamente.

Para el estudio de la cuenca del río Tenguel se ha determinado los siguientes parámetros de longitud que son presentados en la tabla 2.3:

Tabla 2.3
Longitud y relación de longitud de los órdenes de corrientes
para la cuenca del Río Tenguel.

Orden de la corriente, μ	Numero de segmentos, $N\mu$	Sumatoria longitud $\Sigma L\mu$	Relación de longitud RL	Longitud promedio $L\mu$
1	60	80687,72	0,3407	1345,79
2	14	27491,2	0,3552	1936,65
3	3	9765,58	----	3255,19
4	1	38053,38	----	-----

2.4.3.1 Relación del área y orden de las cuencas

Volviendo al tema de las cuencas de drenaje, es posible estudiar las relaciones existentes entre el área media de una cuenca de un orden dado (símbolo, $\overline{A_u}$) y el propio orden. En muchos aspectos, esta relación presenta la misma forma que la existente entre la longitud media de los cauces y sus órdenes respectivos.

Ante todo, es preciso examinar cómo influye el área de la cuenca en su número de orden. En cada cuenca de primer orden, toda la superficie de la misma, drena directamente hacia el cauce de primer orden. En las cuencas de segundo orden, consideradas en toda su extensión, sólo una parte de las aguas de arroyada van directamente a los cauces de primer orden.

Se generan dos zonas triangulares o trapezoides en las que las aguas de arroyada pasan directamente al cauce de segundo orden. Estas zonas superficiales se conocen con el nombre de zonas de inter cuenca. Entonces, la superficie de una cuenca de segundo orden es la suma de las cuencas de primer orden más todas las zonas de inter cuenca contenidas en su perímetro.

En suma, la superficie de una cuenca de orden u se define como el área total superficial que drena a todos los cauces de primer orden, más el área de todas las zonas de inter cuenca.

En la práctica se necesita tener únicamente el trazado del perímetro de la cuenca en cuestión, ya que su área puede medirse con un planímetro o directamente utilizando el programa del AutoCad. La superficie de una cuenca es, pues, la suma acumulativa de todas las cuencas de orden menor en ellas contenidas.

Horton indica que la longitud de los cauces puede convertirse en una ley del área de las cuencas cambiando algunas palabras como sigue; "las superficies medias de las cuencas de segmentos de cauce de órdenes sucesivos tienden a formar una progresión geométrica cuyo primer término es el área media de las

cuencas de primer orden y tiene por razón una relación de incremento de área constante.

La definición de relación de área, es:

$$R_a = \frac{\overline{A}_u}{\overline{A}_{u-1}}$$

En la que \overline{A}_u es el área media de las cuencas de orden u. Por analogía con la ley de la longitud de los cauces, la ley del área de las cuencas se puede expresar:

$$\overline{A}_u = \overline{A}_1 R^{(u-1)}$$

El símbolo \overline{A}_1 representa el área media de las cuencas de primer orden.

En la presente tesis se realiza una estimación de las relaciones de la cuenca con los órdenes de cauce y cuyo resultado se indica posteriormente.

2.4.4 Densidad de drenaje

Los cauces de orden uno y dos generalmente se desarrollan de manera concordante con el tipo de terreno que es erosionado. Así, innumerables hilillos de agua excavan pequeños valles y reproducen a pequeña escala los grandes cañones y alineaciones montañosas tales como la cordillera de lo Andes en América del Sur.

Evidentemente, la naturaleza sigue las leyes numéricas de las corrientes fluviales que afectan a sus longitudes, áreas y gradientes, prescindiendo de si la cuenca de drenaje de primer orden es tan pequeña que puede englobarla con las piernas extendidas o de si tiene más de un Km. de ancho. Como estas similitudes geométricas prevalecen en las masas erosionadas que se hallan en estado de madurez, es necesario conocer y describir los modos que existen de medir la magnitud de estas formas.

Si en el mapa de drenaje de la cuenca del río Tenguel se mide la longitud total de los cauces expresada en kilómetros y se la divide por el área total expresada en kilómetros cuadrados, se tiene como resultado la densidad de drenaje. Esto se expresa como sigue:

$$\text{Densidad de drenaje} = \frac{\text{Longitud total de los cauces (Km.)}}{\text{Superficie (Km}^2\text{)}}$$

$$D = \frac{\sum L_k}{A_k}$$

Donde D es la densidad de drenaje en kilómetros por kilómetro cuadrado, $\sum L_k$ representa la longitud total de todos los cauces de todos los órdenes y A_k es el área de la cuenca.

Utilizando esta relación se ha efectuado el cálculo de la densidad de drenaje que es un parámetro importante para la posterior correlación con el grado de contaminación de los suelos por los pesticidas

En la cuenca del río Tenguel se determinó que la densidad de drenaje drene un valor de 12; se interpreta como que existen 12 kilómetros de cauce en cada kilómetro cuadrado del terreno. El área y la longitud se miden en el mapa, pero como este es una proyección horizontal de las vertientes montañosas y de los gradientes de los ríos, las cantidades medidas son algo menores que las reales, ya que varían dependiendo de lo abrupta que sea la zona.

¿Qué factores naturales controlan la densidad de drenaje?

Uno de los factores más importantes que controlan la densidad de drenaje es la litología de la región en estudio. Los materiales duros y resistentes tales como el basalto y granito tienden a originar bajas densidades de drenaje. Esto es debido a que la erosión fluvial es difícil desarrollarse y únicamente pueden

subsistir los cursos de agua relativamente grandes. Por lo tanto, las cuencas de primer orden son de tamaño medio y aportan gran cantidad de agua a los cauces.

Un segundo factor es la facilidad de infiltración del agua de lluvia en la superficie del terreno hasta alcanzar el nivel freático, esto controlado por la permeabilidad de los materiales y el fracturamiento de la masa rocosa.

Los materiales muy permeables, como las arenas y las gravas, tienden a originar una densidad de drenaje muy baja debido a que la infiltración es grande y, por lo tanto, queda muy poca agua en la superficie que pueda alimentar los cauces. Este factor está bien definido en la cuenca media y baja del río Tenguel.

Las arcillas y las margas, por otro lado, proporcionan una cantidad de escorrentía grande y esto se combina con su poca consistencia para dar alta densidad de drenaje. En el caso particular de la cuenca del río Tenguel no hay terrenos rocosos que contribuyan al drenaje de alta densidad.

Un tercer factor es la presencia o ausencia de cobertura vegetal. Una roca débil producirá menor densidad de drenaje en un clima húmedo, donde una espesa cobertura de bosque y vegetación protege el material subyacente, a diferencia de una región árida, donde no existe esa cobertura vegetal. En el área de estudio, la roca es dura y la vegetación arbustiva protege el suelo de la erosión.

2.4.5 La pendiente de los ríos

El perfil de un río generalmente posee tres zonas: zona alta donde se diferencian los patrones de drenaje; zona media donde se combina los procesos de erosión y depositación y la zona baja donde predomina la depositación.

El perfil del curso del río se puede representar como una curva cóncava hacia arriba que va disminuyendo progresivamente su pendiente río abajo. Esta consideración permite buscar la relación que existe entre la pendiente del cauce

y su número de orden. Para ello se mide el valor medio del gradiente de todos los segmentos de cauce de un orden dado de la cuenca de drenaje.

La pendiente o gradiente del cauce se define aquí como la razón entre el desnivel vertical y la distancia horizontal, medidos desde el extremo superior al inferior de un único segmento de cauce de un orden dado. Para el caso de la investigación esta actividad se realizó en la hoja cartográfica de la zona de Tenguel, escala 1:50000, publicada por el Instituto Geográfico Militar.

La pendiente se indica con el símbolo S y el gradiente es una razón o proporción y por tanto carece de dimensión. Así un gradiente de 0.01 implica una razón de 1:100, es decir, por ejemplo, una caída vertical de 1 m cada 100 m de distancia horizontal.

Si se mide al gradiente de todos los segmentos de cauce de primer orden y se calcula su media aritmética, se obtiene el valor del gradiente medio de este orden, y se denota con el símbolo S_1 .

La misma operación se efectúa para las pendientes de los cauces de orden 2, 3 y 4 (ver anexo mapas E-2). Para la cuenca del río Tenguel se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla No. 2.4
Tabla de gradiente del cauce según los órdenes de corrientes n la cuenca del Río Tenguel

Orden de río	Desnivel Vertical (promedio metros)	Distancia Horizontal (promedio metros)	Gradiente del cauce (S)
1	723	2037	0,35
2	531	2089	0,25
3	954	4415	0,22
4	1093	20000	0,05

Realizado por: ing. Gastón Proaño con resultados de campo

Esta tabla nos indica que para los ríos de orden 1 existe una relación de 35:100; es decir, una caída vertical de 35 m cada 100 m de distancia horizontal. Para el caso de los ríos de orden 2 existe una relación de 25:100; es decir, una caída vertical de 25 m cada 100 m de distancia horizontal. Esto corresponde a la zona alta de la cuenca.

En el caso de los ríos de orden 3 existe una relación de 22:100; es decir, una caída vertical de 22 m cada 100 m de distancia horizontal. Y en el río principal que es de orden 4 existe una relación de 5:100; es decir, una caída vertical de 5 cm. cada 100 m de distancia horizontal.

La relación del gradiente de cauce con el orden de las corrientes que se registra en la cuenca del río Tenguel permite identificar que el curso superior de la cuenca es donde se genera la mayor capacidad de recepción del agua donde los drenajes tienen pendientes de ángulos variables desde 35 % hasta 22%. Es en el curso superior de la cuenca donde la energía hidráulica erosiona la masa rocosa en cantos rodados, bloques y material granular de todo tamaño. Este material es acumulado en el curso medio de la cuenca formando los bancos de grava y arena que existen en el actual cauce.

Del análisis morfométrico de la cuenca adquiere el orden cuatro desde la cota 100 hasta la desembocadura al mar, en este sector del río existen dos procesos naturales que ocurren, como son: la sedimentación y erosión: la sedimentación corresponde a la acumulación del material granular producido por el cambio de pendiente y la erosión se localiza en el curso inferior del río donde está ubicada la zona de estudio, debido al desbordamiento de la carga hidráulica por la pendiente muy baja y el estrangulamiento del ancho del cauce producida por el mismo proceso de sedimentación y desarrollo natural del mismo a lo largo del tiempo geológico.

2.4.5.1 La pendiente de las paredes de los valles

Complementándose con el gradiente de los cauces se halla la pendiente de las paredes de los valles que encierran cada segmento de cauce. La pendiente de los cauces, junto con la de las vertientes de los valles, proporcionan el gradiente

necesario para que el agua fluya y se produzca el transporte de sedimentos en el sistema fluvial.

Resulta obvio hasta para un observador casual cualquiera, que la pendiente característica que las paredes de los valles difiere de una región a otra. En una región de montañas escabrosas – como la de los Andes del Ecuador, la inclinación de las paredes de los valles es muy pronunciada, de hecho, que es difícil ascender o descender por ellas a pie. Cuando el tiempo es seco, los materiales sueltos ruedan y se deslizan libremente por estas vertientes empujados por la fuerza de la gravedad o del viento.

2.5 Clasificación geomorfológica de los cauces existentes en la cuenca del Río Tenguel

La mayoría de los cauces aluviales continuamente cambian de posición y forma, como consecuencia de fuerzas hidráulicas ejercidas en el lecho rocoso y ambientes deposicionales. Estos cambios pueden ser graduales o rápidos, dependiendo de que si las causas son naturales o son debido a las actividades antropogénicas.

Muchos cauces han profundizado el valle en terreno rocoso y otros se han desarrollado en materiales que corresponden a depósitos aluviales por lo que el lecho y el material del banco son muy resistentes a la erosión incluso en eventos extremos.

Estos cauces son clasificados como poco suministradores de sedimentos. El material del lecho y de las márgenes de estos cauces puede estar constituido de guijarros, cantos rodados o piedra. En general, estos cauces son estables pero deben analizarse cuidadosamente para estabilidad en flujos grandes.

En la cuenca del río Tenguel los causes de orden 1, 2 y 3 corresponden a causes de erosión, donde el agua está realizando la socavación de los causes en terreno rocoso de la formación Macuchi, y el cauce de orden cuatro se desarrolla casi en su totalidad en terrenos sedimentarios que fueron acumulados por el mismo sistema de drenaje por el trabajo de erosión, transporte y depositación producidos durante miles de años.

El estudio de la forma del cauce y sus perfiles es muy útil en la comprensión de la morfología del río Tenguel, porque permite establecer la relación entre erosión, depositación y contaminación ambiental por el uso de pesticidas de forma no adecuada.

Grandes cambios en las condiciones del clima pueden afectar al entorno físico, por ejemplo, a los puentes del sector, donde existen cruces de carreteras o poblaciones asentadas a la margen del río.

2.5.1 Tamaño del cauce

La profundidad del cauce tiende a aumentar con el tamaño del río debido al potencial de socavación. Adicionalmente, el potencial de socavación también aumenta el tamaño del cauce por erosión lateral, aunque es menos evidente que el potencial de socavación.

El tamaño del cauce es indicado por el caudal, área de drenaje, o el área de la sección transversal del río. Debido a la diversidad de los tipos de cauces, ninguno de los indicadores por separado es suficiente para definir este parámetro.

La anchura del cauce medida de margen a margen es muy útil en la definición del tamaño del cauce. Basándose en la anchura del cauce, este puede ser dividido en tres categorías:

- Pequeño para cuando el cauce tiene un ancho menor a 30 m
- Mediano para aquellos cuyo ancho varía de 30 m a 150 m
- y aquellos cuyo ancho es mayor a 150 m se los denominará como grandes.

Para el caso del Río Tenguel, se los clasifica considerando el orden del cauce de la siguiente forma: los cauces de orden 1 y 2 se definen como pequeños, es decir, que en toda su extensión el ancho de estos no sobrepasa los 30 m; los de orden 3 como medianos, es decir, que su extensión varia de 30m a

150m y el cauce principal, que para la cuenca de este río es de orden cuatro se lo considera de tipo grande, es decir, mayor 150 m.

2.5.2 Tipo de flujo

El tipo de flujo de un cauce puede ser efímero o intermitente, perenne pero fugaz y perenne. Un cauce intermitente fluye brevemente en respuesta directa a la precipitación. Los flujos perennes mantienen un flujo de agua todo el año y un cauce perenne pero fugaz es aquel que mantiene un flujo permanente pero responde a la precipitación con cambios rápidos en su fase de descarga. Los cauces perennes pueden ser relativamente estables o inestables, dependiendo de otros factores como límites del cauce y material del lecho.

Después de las múltiples visitas de campo realizadas a la cuenca hidrográfica del Río Tenguel, tanto en la época de verano como la época de invierno y con la ayuda de los mapas topográficos publicados por el Instituto Geográfico Militar (IGM), se pudo clasificar a los cauces de la cuenca de este río como perennes en la parte baja de la cuenca, es decir, su cauce principal; perennes pero fugaces e intermitentes, los que denominamos anteriormente como orden 2 y 3; y como efímero o intermitente a los existentes en la parte alta de la cuenca y correspondientes a los denominados de orden 1.

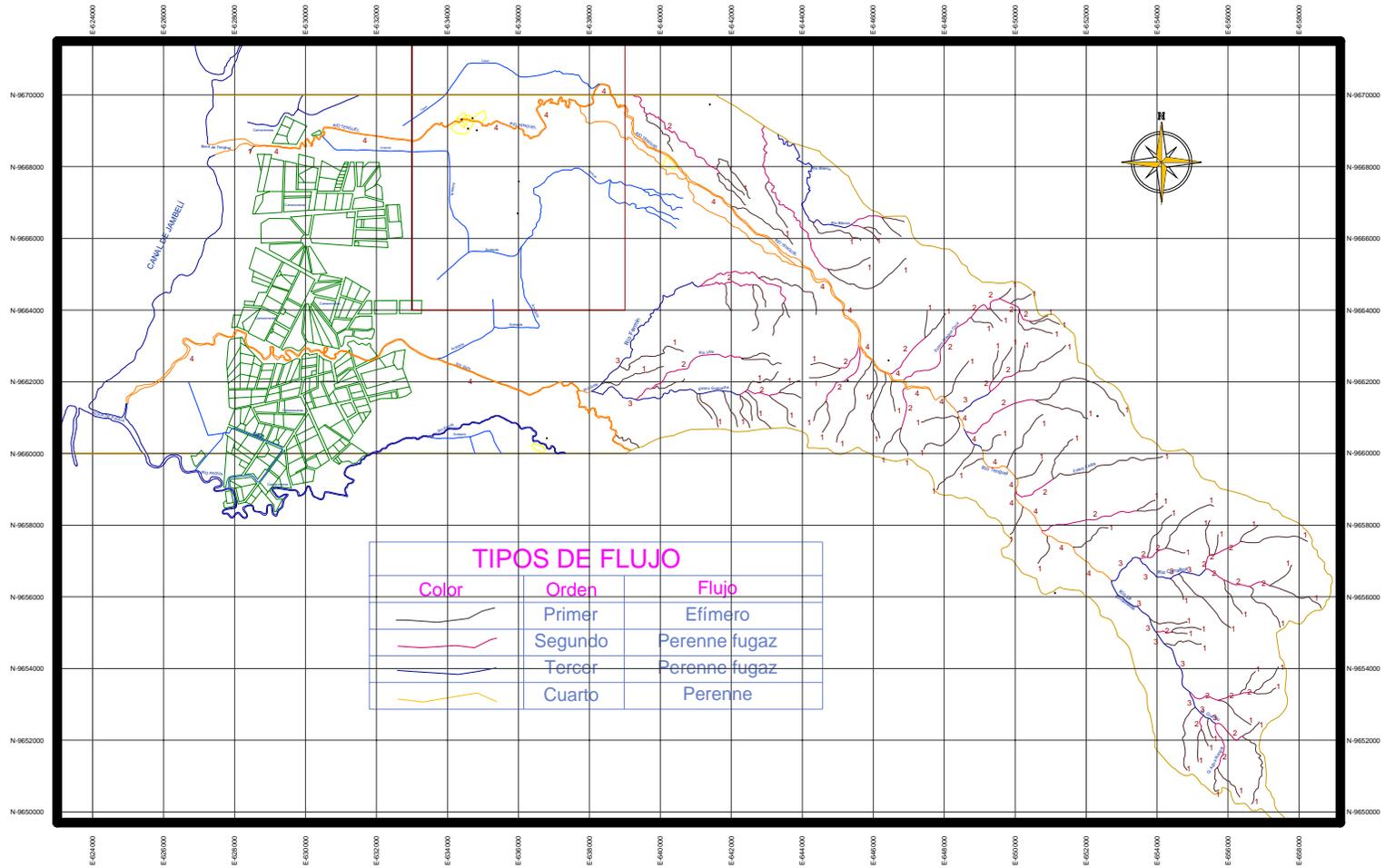
En la figura 2.4 se muestra una representación de la clasificación de los cauces realizada en la cuenca de estudio donde el color amarillo son los cauces de orden uno efímeros.

El color rosado corresponde a los cauces de orden dos y tres y se corresponden con los cauces definidos como fugaces e intermitentes.

El color naranja corresponde al curso principal de la cuenca de drenaje donde el ancho del cauce se define como perenne, donde el flujo de agua es permanente.

Figura No. 2.4

Clasificación de los cauces de acuerdo al tipo de flujo en la cuenca del Río Tenguel



Fuente: IGM, 1998. Digitalizado para la presente tesis

2.5.3 Material del lecho

Una clasificación para el cauce es según el tamaño dominante del sedimento en sus lechos. Estos pueden ser arcilla, limo-arcilla, arena, arena gruesa y guijarro o canto rodado y bloques de roca. La determinación exacta de la distribución del tamaño de partículas en el lecho requiere un cuidadoso muestreo y análisis en laboratorio, particularmente para lechos sedimentarios como son los materiales ubicados en la zona de investigación de la presente tesis.

Dentro de la cuenca del Río Tenguel, objeto de la presente tesis, se ha realizado una campaña de muestreo y posterior análisis de laboratorio principalmente en la parte baja de la cuenca para clasificar sus cauces.

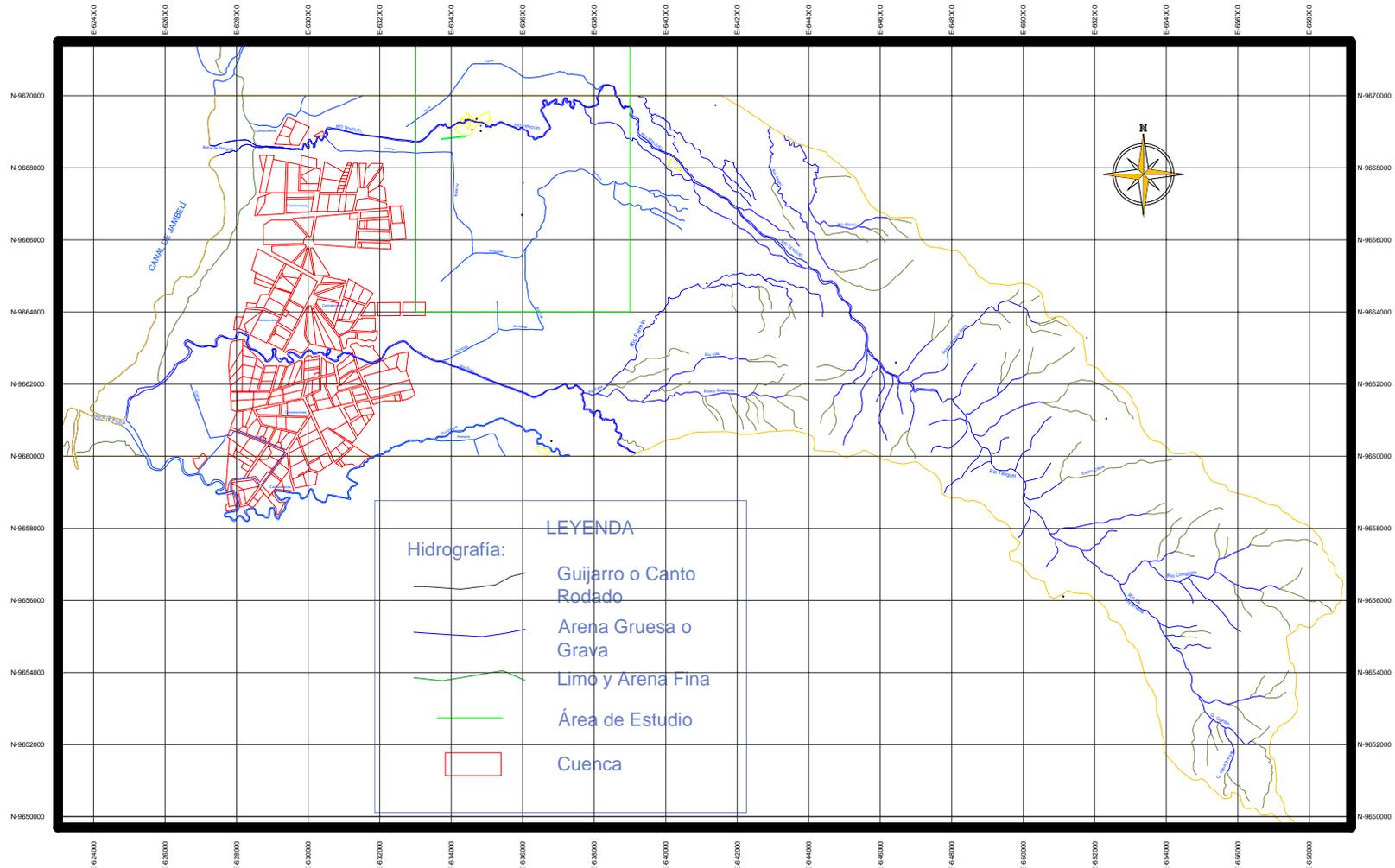
Al finalizar las campañas de monitoreo y por las observaciones de campo, se puede clasificar a los cauces de la cuenca del Río Tenguel en tres grupos principales de acuerdo al material existente en el lecho de los ríos: cauces limo-arcillosos, cauces de arena con tamaño variable de fina a gruesa, cauces de guijarros o cantos rodados.

Los cauces de la parte alta de la cuenca se los clasificó como cauce de guijarros o cantos rodados, mientras que para el resto de la cuenca en el cauce principal se lo clasificó como cauce de arena con tamaño variable de fina a gruesa en porcentaje variable y presencia de partículas de roca; La parte del cauce que se ubica en la llanura de inundación y sedimentación se lo clasificó como cauce limo – arcilloso.

En la figura 2.5. Se muestra el plano de la cuenca del Río Tenguel con la distribución del tamaño de las partículas a lo largo del cauce conforme a la información realizada en el trabajo de campo.

Figura No. 2.5.

Clasificación de los cauces de la cuenca del Río Tenguel según el material del lecho



Fuente: IGM, 1998. Digitalizado para la presente tesis

2.5.4 Limite del cauce y vegetación

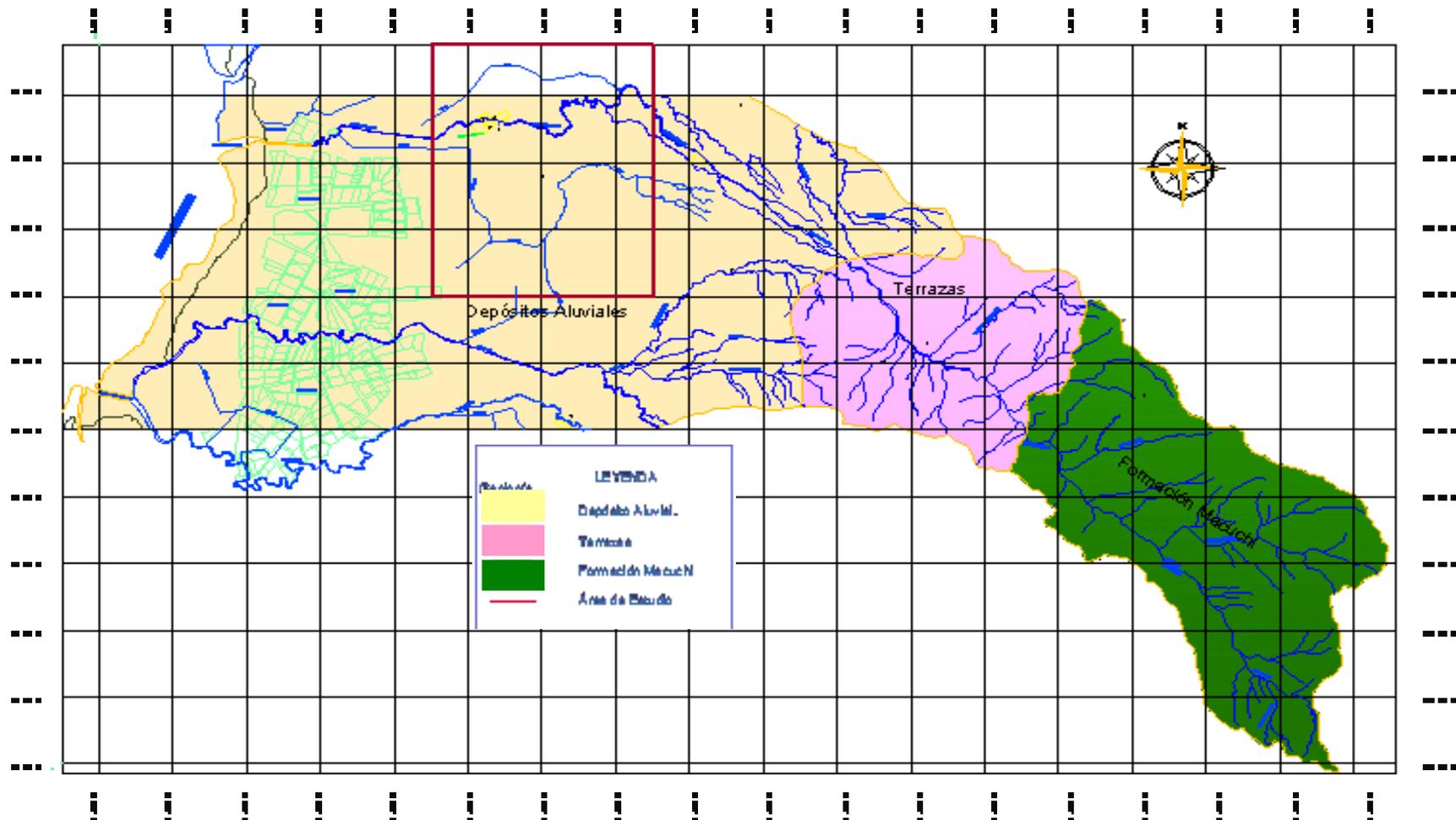
Aunque no se puede dar una definición precisa para los cauces aluviales, semi-aluviales o no-aluviales, es necesario hacer una distinción con respecto a la resistencia a la erosión del material en los límites externos del cauce. En geología, el lecho de roca es principalmente distinguido del aluvión y otros materiales superficiales basándose en la edad geológica y por la resistencia a la erosión. Con el propósito de revisar algunos conceptos prácticos relacionados con los materiales que forman los cauces de los ríos en lo que sigue se incluye en términos sencillos aquellos aplicados en el desarrollo de la tesis.

Una arcilla aluvial compacta es probable que sea más resistente que una piedra arenisca consolidada débil que es mucho más vieja. No obstante, el término "lecho de roca" lleva una connotación de resistencia mayor a la erosión, y se usa aquí en ese sentido.

Un cauce aluvial está en una terraza aluvial y un cauce no-aluvial está en lecho de roca o en materiales muy grandes (guijarros y cantos rodados) los cuales no se mueven excepto con flujos muy grandes. Un cauce semi-aluvial tiene un lecho de roca y material aluvial en sus límites. Por lo que antecede se puede clasificar al cauce de la cuenca del río Tenguel en los primeros grupos de aluviales y no aluviales. Los aluviales se ubican en la zona baja de la cuenca y corresponden a los sedimentos acumulados al pie de la cordillera y los no aluviales en la zona alta de la cuenca que corresponden a los materiales rocosos de la formación Macuchi. Para visualizar lo dicho se incluye a continuación el mapa geológico.

En la Figura 2.6 se puede observar el mapa geológico de la cuenca del Río Tenguel, en donde claramente se diferencian los depósitos sedimentarios ubicados en el sector central y oeste de la cuenca y la formación geológica Macuchi correspondiente a la parte alta y localizada hacia el este de la cuenca, en donde se encuentra el límite del cauce.

Figura No. 2.6
Mapa Geológico de la cuenca del Río Tenguel



Fuente: IGM, 1998; DIRECCIÓN GENERAL DE GEOLOGÍA Y MINAS, 1978-1979

La propiedad más significativa para definir el límite del cauce es el tamaño de la partícula de los materiales encontrados en el cauce. Dicha propiedad es lo más real para medir un cauce y en general representa una descripción suficientemente completa de las partículas sedimentadas.

Otras propiedades tales como la forma del cauce y la velocidad del flujo también tiende a variar con el tamaño de la partícula en una manera predecible.

En general, los sedimentos del cauce han sido clasificados en cantos rodados, guijarros, gravas, arenas, limos, y arcillas sobre la base de su diámetro nominal. El rango del tamaño en cada clase se observa en la Tabla 2.4. El material no cohesivo generalmente consiste en limo (0.004 mm a 0.062 mm), arena (0.062 mm a 2.0 mm), arena gruesa (2.0 mm a 64 mm), o guijarros (64 mm a 250 mm).

Tabla No. 2.5
Diámetros de las partículas a encontrarse en un cauce

TAMAÑO (mm)	Aperturas de malla (por pulgada) Estándar según U.S.	CLASE
4000 a 2000	-	Cantos rodados muy Grandes
2000 a 1000	-	Cantos rodados grandes
1000 a 500	-	Cantos rodados medianos
500 a 250	-	Cantos rodados pequeños
250 a 130	-	Guijarros grandes
130 a 64	-	Guijarros pequeños
64 a 32	-	Grava muy Tosca
32 a 16	-	Grava tosca
16 a 8	-	Grava media
8 a 4	5	Grava fina
4 a 2	10	Grava muy fina
2.00 a 1.00	18	Arena gruesa tosca
1.00 a 0.50	35	Arena gruesa
0.50 a 0.25	60	Arena media
0.25 a 0.125	120	Arena fina
0.125 a 0.062	230	Arena muy fina
0.062 a 0.031	-	Sílice grueso
0.031 a 0.016	-	Sílice medio

TAMAÑO (mm)	Aperturas de malla (por pulgada) Estándar según U.S.	CLASE
0.016 a 0.008	-	Sílice fino
0.008 a 0.004	-	Sílice muy fino
0.004 a 0.0020	-	Arcilla gruesa
0.0020 a 0.0010	-	Arcilla media
0.0010 a 0.0005	-	Arcilla fina
0.0005 a 0.0002	-	Arcilla Muy fina

Fuente: Stream Stability at highway Structures, Hec 20 2nd ed.,
November 1995, Metric Version

CAPÍTULO 3

CAMPAÑA DE MUESTREO EN LA CUENCA DEL RÍO TENGUEL

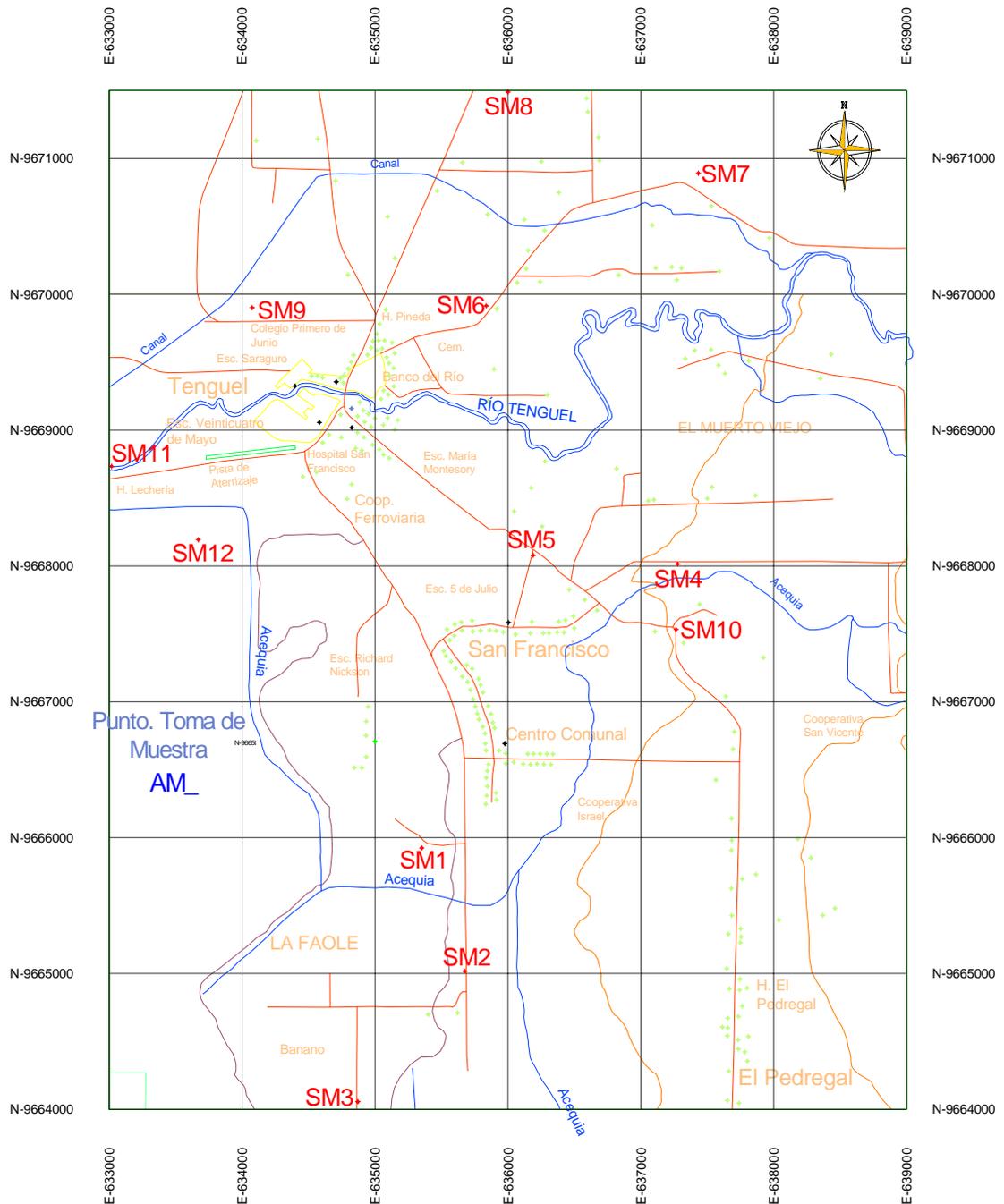
La campaña para tomar las muestras necesarias para el análisis físico y químico se realizó en suelo y agua superficial. El protocolo de muestreo usado para evitar la contaminación cruzadas de las muestras corresponde a la guía elaborada por EPA (Environmental Protection Agency) y a la empresa consultora TAMS. A continuación se describe en detalle de este tipo de actividad.

3.1 Campaña de muestreo de suelos en la cuenca del Río Tenguel

Para poder determinar la textura del suelo y algunos parámetros físicos se realizaron dos campañas de muestreo de suelos en la cuenca del Río Tenguel.

Antes de salir al campo a tomar las muestras de suelo se determinó el área de estudio y se trazó la cuadrícula base de conformidad con la recomendación y aprobación del Doctor Guido Yáñez, Director de la presente Tesis. Una vez delimitada el área se planificó la salida para el trabajo de campo. En la Figura 3.1 se puede observar la localización geográfica de los sitios seleccionados para el muestreo de suelo dentro de la zona de estudio.

Figura No. 3.1
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de suelos en la
cuenca del Río Tenguel



Fuente: IGM, DIRECCIÓN GENERAL DE GEOLOGÍA Y MINAS, 1978-1979

El procedimiento para la adquisición de las muestras de suelo, comprendió tres fases de ejecución, las cuales se detallan a continuación:

a) Selección del número de puntos de muestreo: se utilizó como base de trabajo un mapa geomorfológico y un mapa topográfico con sus respectivas vías principales, secundarias y caminos vecinales. De acuerdo a la extensión de la zona a investigar y la accesibilidad a la misma, bajo la dirección del tutor, se localizaron 19 puntos de muestreo dentro del área de estudio.

El criterio para la selección de los puntos de muestreo se basa en la ubicación de las plantaciones de banano, dado que el tema de investigación se relaciona con la contaminación del suelo y el agua, por el uso de pesticidas agrícolas aplicados en este tipo de agricultura.

Los puntos de muestreo fueron ubicados principalmente alrededor de la ciudad de Tenguel, en donde existe aparentemente una mayor diversidad de suelos finos, por ser una zona netamente aluvial y donde se concentra la mayor cantidad de bananeras operando en la actualidad.

b) Toma de muestras: Para lograr una muestra representativa de la zona a investigar, se tomaron 3 muestras de suelo simultáneas. La primera muestra fue de tipo inalterada, la cual fue usada para determinar su granulometría.

Para adquirir la muestra inalterada se utilizó un muestreador pre fabricado que consiste en un tubo de hierro galvanizado conocido en el área de la ingeniería como tubo Shelby cuyas dimensiones son de 50 cm. de longitud y 7 cm. de diámetro.

Una vez que se ubicó el sitio de muestreo con la ayuda de un GPS, se procedió a limpiar la superficie del terreno eliminando la vegetación caída, basura y todo tipo de material superficial distinto al suelo.

Utilizando una pala limpia dos obreros contratados toman las muestras inalteradas de suelo, para lo cual se introduce el tubo a base de la aplicación de una fuerza vertical, por golpe en la cabeza del tubo, hasta una profundidad de 30 centímetros. Luego se aplica un esfuerzo cortante para romper el material en profundidad hasta donde se introdujo el tubo, posteriormente, fue sellado el tubo inmediatamente después del muestreo para evitar la pérdida de humedad de la muestra. En el anexo fotográfico se indica el procedimiento de muestreo utilizando esta técnica.

El segundo muestreo fue una muestra de tipo alterada y consistió en llenar sacos de 50 kilos, los cuales fueron usados para determinar el contenido de humedad, granulometría y límites Líquido y Plástico. En el anexo fotográfico se muestra las actividades desarrolladas para este tipo de muestreo.

Simultáneamente al muestreo anterior, se realizó un tercer muestreo de suelo, que consistió en llenar fundas plásticas con una capacidad de 2 Kilos que fueron enviadas al Laboratorio del Ministerio de Agricultura en la ciudad de Quito para el análisis del contenido de productos químicos. La toma de muestras fue puntual, se iniciaron a una profundidad de entre 0.5 a 1 metro de la superficie del suelo.

Es importante anotar que los dos primeros tipos de muestras se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad de Guayaquil, para realizar los análisis físicos.

Un grupo de muestras se llevaron al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), y otro grupo al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Guayaquil, para los ensayos mecánicos.

Cabe señalar que las muestras fueron tomadas en los primeros 50 cm. de suelo superficial, luego de remover la capa vegetal. En las fotografías que se incluyen en el anexo, se puede verificar lo indicado.

c) Análisis de laboratorio: Los análisis de laboratorio realizados con las muestras de suelo obtenidas durante el trabajo de campo, fueron los que se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla No. 3.1
Ensayos de laboratorio realizados con las muestras de
suelo adquiridas en la cuenca del Río Tenguel

ENSAYO	NORMA APLICADA
Granulometría	SUCS
Contenido de humedad	ASTM D 2216-71
Densidad	AASHTO T-208-70
Limites Líquido y Plástico	SUCS – Carta de plasticidad de Atterberg
Porcentaje de limo	AASHTO T-87-70, T-88-70, ASTM D421-58, D422 63
Porcentaje de arcilla	AASHTO T-87-70, T-88-70, ASTM D421-58, D422 63
Porcentaje de arena	AASHTO T-87-70, T-88-70, ASTM D421-58, D422 63
Ensayo de hidrometría	AASHTO T-87-70, T-88-70, ASTM D421-58, D422 63

Fuente: Mecánica de suelos. Ing. Carmen Terreros, Ing. Víctor Moreno

Durante la programación realizada para la toma de las muestras de suelo, también se programó la toma de las muestras de agua.

Previo a la salida al campo se procedió a la compra de los recipientes para las muestras de agua los mismos que tienen que cumplir las especificaciones indicadas en las normas que se aplica para este tipo de muestreo.

En la ciudad de Guayaquil existe una casa distribuidora de las botellas color café ámbar que son las botellas estándar para el efecto. Una vez adquiridas

las botellas, se realizó la salida de campo y se tomaron las muestras de agua en los sitios señalados por el tutor.

3.2 Campaña de muestreo de aguas en la cuenca del Río Tenguel

Para determinar la calidad del agua de los cuerpos hídricos superficiales se realizó una campaña de muestreo de aguas en la cuenca del Río Tenguel, recorriendo aproximadamente 12 Km. alrededor de la zona de estudio y obteniendo 9 muestras en cada una de los puntos escogidos. Las campañas de muestreo de aguas en la cuenca del Río Tenguel se las realizaron con el propósito de efectuar un análisis del contenido de pesticidas.

La metodología de muestreo se detalla a continuación:

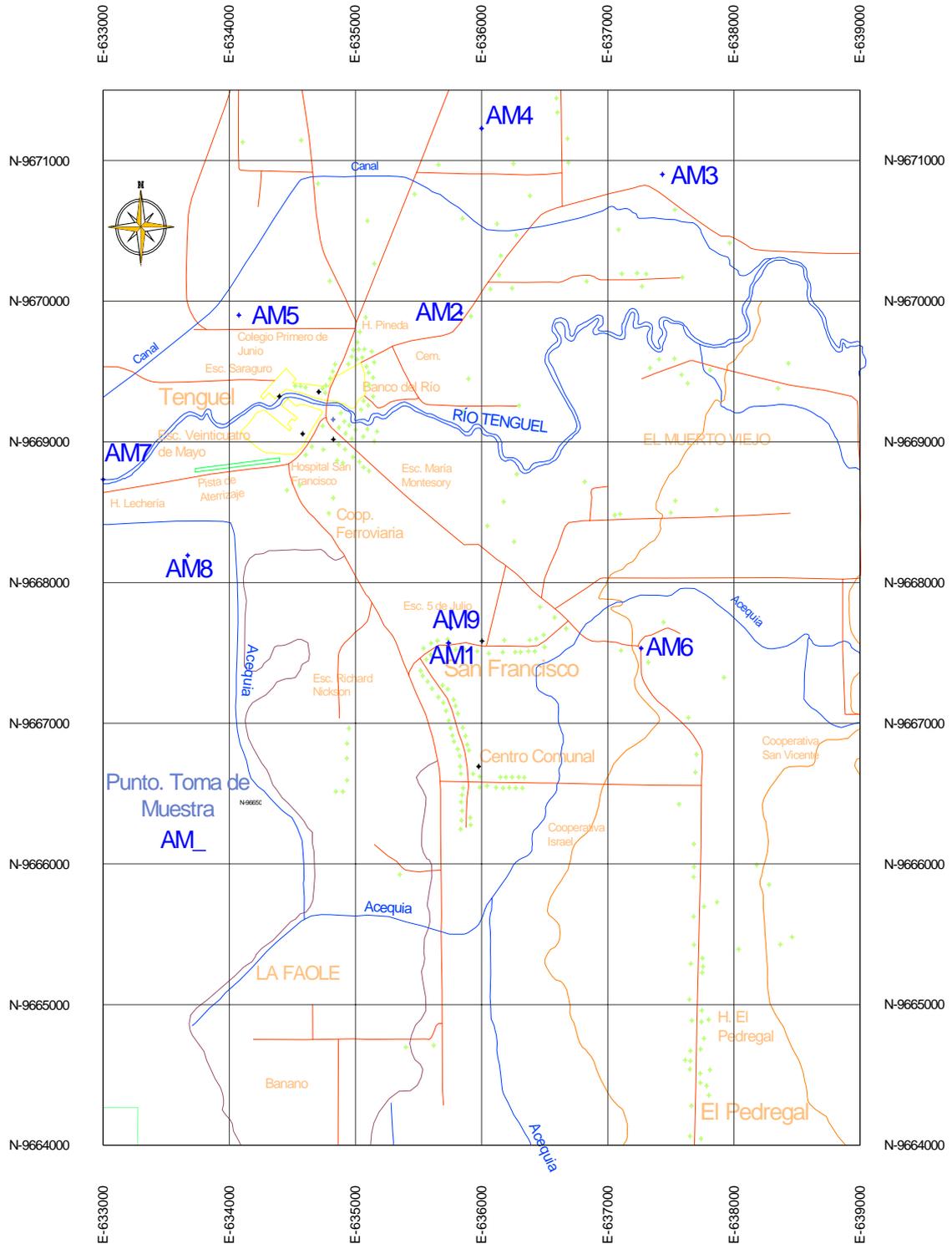
a) Preparación de los envases para muestras: Se preparan los recipientes con sus respectivas etiquetas, indicando el código de la muestra, localización del punto de muestreo, fecha y hora en que es tomada la muestra.

b) Toma directa de la muestra de agua: Se toma ½ litro de muestra de agua en envases de vidrio opaco para el análisis de pesticidas. En el caso que se tomen muestras de sedimentos para analizar pesticidas, estos también deberán de ser colocados en un envase de vidrio opaco, colocando una lámina de papel aluminio entre la tapa y la boca de la botella.

En la figura 3.2 se indica los sitios donde se tomó las muestras de agua. Algunos sitios coincide con el punto de toma de muestras de suelo y en otros no ocurre.

c) Preservación y traslado: Antes de que la muestra de agua cumpla 6 horas de haber sido tomada, se la envía vía aérea a la ciudad de Quito junto con algunas muestras de suelo, al Laboratorio de Residuos del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) para la determinación del análisis químico de pesticidas. Todas las muestras deben mantenerse refrigeradas para que no entren en su fase de descomposición y se alteren los resultados al analizar.

Figura No. 3.2
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de
agua superficial en la cuenca del Río Tenguel



Fuente: IGM, DIRECCIÓN GENERAL DE GEOLOGÍA Y MINAS, 1978-1979

Los pesticidas a ser analizados fueron escogidos basándose en una investigación previamente realizada por Matamoros y Vanrollegheem, en un estudio de aguas de las bananeras localizadas al norte de la Provincia de El Oro, en el año 2000.

En los sectores aledaños al cantón Tenguel los sitios de muestreo de agua están ubicados cerca de los poblados de San Francisco, San Rafael, Israel, Tenguel y otros.

La mayor parte de la cuenca hidrográfica del sector medio y bajo del río Tenguel, se encuentra en zonas bananeras y como guía para la investigación se decidió realizar los análisis de pesticidas que pertenecen a la familia de los Plaguicidas Organoclorados y Plaguicidas Organofosforados.

El rastreo de la familia de los carbamatos no se la pudo investigar ya que en Ecuador no se realizan este tipo de análisis y no existen los equipos adecuados para detectar este tipo de pesticidas. Los tipos de pesticidas que se analizaron en el presente proyecto de tesis, se muestran en la Tabla 2.2 y se los ha clasificado de acuerdo a su familia química en Organoclorados y Organofosforados.

De la primera familia se analizó trece clases de pesticidas y de la segunda familia únicamente cuatro tipos diferentes de productos químicos.

Tabla No. 3.2

Pesticidas rastreados en las muestras de suelo y agua adquiridas en la cuenca del Río Tenguel

Familia	Pesticida analizado
Organoclorados <i>Límite permisible para uso agrícola o de riego:</i> <i>Aguas: 200mg/l</i> <i>Suelos: 100 mg/Kg.</i>	Lindano Aldrin pp´ DDE pp´ DDD pp´ DDT op´ DDT Endosulfan Alfa Endosulfan Beta Endosulfan Sulfato Hexaclorobenceno Clorotalonil Clorpirifos Clortion
Organofosforados <i>Límite permisible para uso agrícola o de riego:</i> <i>Aguas: 100mg/l</i> <i>Suelos: No definidos</i>	Cadusafos Dimetoato Terbufos Diazinon

En el siguiente capítulo se indica el resultado de los ensayos realizados en las muestras de suelo y agua y que han sido reportados por los distintos laboratorios tanto de Guayaquil como de la ciudad de Quito.

CAPÍTULO 4

ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras de suelo que fueron tomadas en el sector de Tenguel y con los procedimientos descritos en los capítulos anteriores, fueron enviadas a los laboratorios de Mecánica de Suelos de La Universidad de Guayaquil y de la Escuela Superior politécnica del Litoral. En los párrafos que sigue se indica el detalle de los resultados obtenidos en dichos análisis.

Los suelos fueron sometidos a ensayos físicos y mecánicos para conocer las propiedades índices de contenido natural de humedad, granulometría, límite líquido y límite plástico.

El contenido de humedad es muy importante conocer porque afecta a las propiedades de los suelos cohesivos como en su resistencia interna, capacidad de soporte, compresibilidad, entre otras.

El contenido de humedad de un suelo es la relación del peso del agua que se encuentra en el suelo al peso de suelo seco y se expresa generalmente en porcentaje.

Para la determinación experimental se toma una cierta cantidad del suelo húmedo natural y se coloca en un envase hermético y se pesa con una precisión no menor que la milésima parte de ese peso. Luego, se abre el envase y se coloca en el horno donde permanece a una temperatura de 105 grados hasta que no se registre variaciones en su peso.

El análisis granulométrico tiene como objetivo determinar el tamaño de los granos que componen los suelos y la proporción de una determinada fracción de granos como porcentaje de la masa total de la muestra.

El conocimiento de la granulometría es importante para juzgar el tipo de suelo en general y para clasificar el material existente y darle una interpretación práctica a los resultados de los ensayos de laboratorio.

Los límites de Atterberg se emplean principalmente para la clasificación de los suelos plásticos. Estos límites dependen del contenido natural de humedad, tamaño de la partícula, de la distribución de los suelos y están afectados por las propiedades químicas del líquido que llena los poros del suelo. En caso de existir componentes químicos, las reacciones internas que se producen pueden alterar las características físicas de los suelos y con ello la permanencia o periodo de retención de los contaminantes.

La técnica experimental que se aplica para este tipo de ensayo es tomada de la mecánica de suelos desarrollada para estudiar la ciencia del suelo en agricultura e introducida por Atterberg a mediados del siglo pasado.

Los análisis físicos de los suelos fueron hechos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT) de la ESPOL y en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de Guayaquil.

4.1 Ensayos Granulométrico

Existieron dos campañas de muestro, en la primer campaña se tomaron doce muestras de suelo y cuya localización y altura fue ubicada con GPS. Las lecturas dadas por el GPS para cada punto se indican en la tabla 4.1.

En la Tabla 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran los resultados de los análisis realizados con las muestras adquiridas en los distintos sitios previamente seleccionados.

Tabla No. 4.1
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo (Suelo-Análisis físicos).
(Primera Campaña de Muestreo)

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.					
MUESTRA Nº	COORDENADAS (UTM)		FECHA	ALTURA (m)	SECTOR
	X	Y			
S M1	635.000	9 666.708	02-Nov-06	15	Hcda. Sr. Antonio Falquez, camino Esc. Richard Nixon
S M2	635.675	9 665.017	02-Nov-06	18	Hcda. Sr. Francisco Murillo
S M3	634.870	9 664.056	02-Nov-06	18	Empacadora Don Manual Armijos, Parque Israel (635.890,9 666.625)
S M4	637.277	9 668.014	02-Nov-06	22	Vía Tenguel, Hcda. Don Teofilo Mosquera
S M5	636.189	9 668.078	03-Nov-06	22	Finca Don Teofilo Mosquera
S M6	635.837	9 669.915	03-Nov-06	11	Finca Don Guanoquiza
S M7	637.433	9 670.891	03-Nov-06	13	Finca Don Rodas (San Rafael)
S M8	636.000	9 671.228	03-Nov-06	22	Hcda. Maldonado (San Rafael)
S M9	634.076	9 669.901	03-Nov-06	17	Hcda. Don Carlos M, Hcda.Pangolita (Tenguel)
S M10	637.265	9 667.533	03-Nov-06	22	Finca Tenesaca (Tenguel-San Francisco)
S M11	633.000	9 668.733	03-Nov-06	9	Finca Calderón (Tenguel) junto a pista de aterrizaje
S M12	633.670	9 668.193	03-Nov-06	11	Hcda. La Carlita de Don Carlos Moscoso (Tenguel)

S M_: Muestra de Suelo Nº_

El objetivo de este ensayo fue determinar la cantidad en porcentaje de diversos tamaños que constituyen el suelo, en cuanto al total de la muestra utilizada.

El método utilizado para la determinación del tamaño de las partículas de las muestras fue Granulometría por Tamizado, es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (Tamiz No 200) como limo, Arcilla y Coloidal. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños.

Los **equipos** utilizados en este ensayo fueron:

- ❖ Tamices (3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/5", 1/4", No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No 200)
- ❖ Balanza con capacidad de 20Kg
- ❖ Horno eléctrico (temperatura 105 ± 5)
- ❖ Bandejas, agitador de vidrio, brochas de cerda.
- ❖ Vaso precipitado.

4.1.1 Fracción Granular Gruesa

Primero que toda la fracción granular gruesa se pesa en la balanza y el peso se anota en la hoja de registro 5.1. Luego se lleva a cabo el tamizado para separar las diferentes partículas 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", 1/4", y No 4, comenzando en orden decreciente, teniendo en cuenta de no mezclar las partículas tamizadas. Al mismo tiempo se tara una ponchera en la balanza de 20Kg de capacidad y 1gr de sensibilidad. Y se determina el peso de cada fracción retenida. Se debe verificar que la suma de los pesos retenidos en cada tamiz de igual al peso de la Fracción Granular gruesa, con una tolerancia de 0.5%.

4.1.2 Fracción granular fina

Se toma todo el material pasante el tamiz No 4 (Ba), se pesa en la balanza de 20kg y se anota en la hoja de registro 5.1. Se vierte la muestra en el Tamiz No 200, teniendo el cuidado de no perder el material. Luego se elimina las partículas inferiores al Tamiz No 200 (limo, arcilla y coloides) lavando el material. Hasta que el agua salga limpia y clara. No se debe remover el material con las manos dentro del tamiz. Todo el material retenido en el Tamiz No 200 será arena, ya que los finos fueron lavados, se coloca en un recipiente, teniendo en cuenta de no dejar material adherido en el tamiz. Se pasa el material a una escudilla de 600 ml, haciendo uso del frasco lavador. Se descanta el agua y se seca la muestra en el horno a una temperatura de 105 ± 5 C por 18 horas aprox. Luego se deja enfriar y se separa por medio de tamices No 10, No 40, No 60, No 200. Se pesan las fracciones retenidas en cada uno de tamices y se anotan en la hoja de registro 5.1.

CALCULOS

1. - Se calcula el peso total de la muestra

(T): peso total de la muestra (T)

(A): Fracción Granular Gruesa (A)

$$T = A + B_a$$

2. - Se determina el peso pasante del tamiz No 200

$$\text{Peso pasa No 200} = B_b - \sum (\text{peso retenidos tamices No 10,40,60,200})$$

3. - Se calcula el peso retenido en los tamices inferiores. Al tamiz No 4 con respecto a (Ba)

$$\text{Peso ret. en tamiz } < \text{No4} = \frac{B_a}{B_b} \times \text{Peso ret. En dicho Tamiz}$$

4. - Determinar el % retenido en cada tamiz, en cuanto a (T):

$$\% \text{retenido parcial tamiz X} = \frac{100 \times \text{Peso ret. tamiz X}}{\text{Peso total}}$$

5. - Calcula el % retenido acumulado,

$$\% \text{ ret. acum. tamiz X} = \% \text{ ret. acum tamiz anterior} + \% \text{ ret parcial tamiz X}$$

6. - Obtener % pasante de cada tamiz

$$\% \text{ Pasante Tamiz X} = 100 - \% \text{ ret. acuml tamiz X}$$

7. Se construye la curva granulométrica.

8. - Se determina la Gradación del suelo, mediante los Coeficientes de Uniformidad y Curvatura.

La clasificación por tamaños es la siguiente:

- ❖ Piedra
- ❖ Grava: grava gruesa y grava fina
- ❖ Arena: arena gruesa, arena media y arena fina.
- ❖ Limo
- ❖ Arcilla.

Según los datos emitidos por el laboratorio encargado de realizar estos ensayos tenemos que, la arena gruesa, tiene como porcentaje los menores valores, siendo el mínimo 0.7 y el valor máximo 14.6%. La arena fina tiene un 2.1 % como valor mínimo y un 39.1% como valor máximo. El Limo tiene 17.5 como mínimo y un máximo de 28.6%. La arcilla posee un valor mínimo de 34.9 y un máximo de 74.4%.

El detalle de los porcentajes de participación de cada uno de los materiales anteriormente indicados, arena gruesa, arena fina, Limo y arcilla se en la tabla 4.2.

Tabla No. 4.2
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río
Tenguel (Contenido Granulométrico)

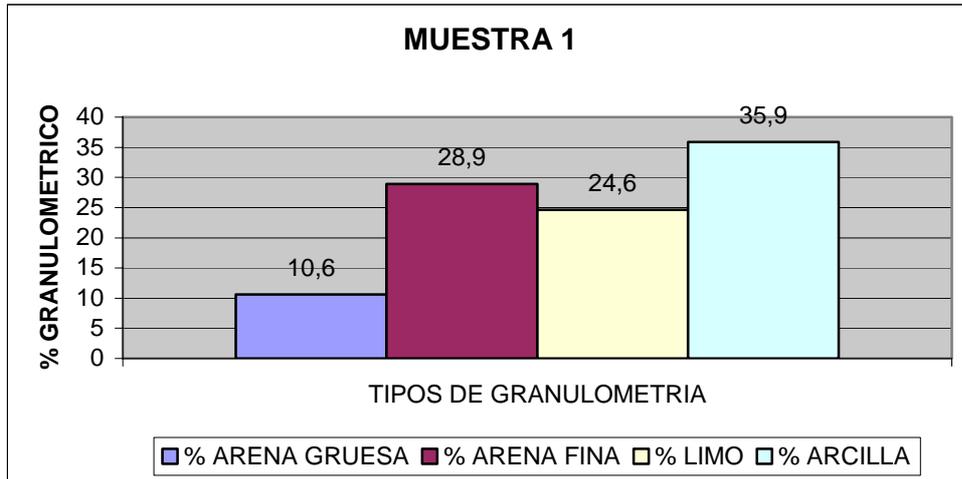
Muestra No	% Arena Gruesa	% Arena Fina	% Limo	% Arcilla
S M1	10,6	28,9	24,6	35,9
S M2	4,5	38,9	21,7	34,9
S M3	2	39,1	22,1	36,8
S M4	2,3	14,8	27,3	55,6
S M5	3,3	23,7	20,1	52,9
S M6	1,6	34,3	25,3	38,8
S M7	3,5	12	26,2	58,3
S M8	0,7	2,6	28,6	68,1
S M9	1,7	2,1	21,8	74,4
S M10	11,9	34,9	17,5	35,7
S M11	14,6	25,2	22,4	37,8
S M12	2,0	4,0	24,6	69,4

Realizado: Ingeniero Gastón Proaño con resultados de físicos de suelos

Para una mejor interpretación del porcentaje de participación de los materiales en cada una de las muestras se ha preparado una representación grafica (Histogramas), donde se puede apreciar los porcentajes de arcilla, limo, arena fina y gruesa.

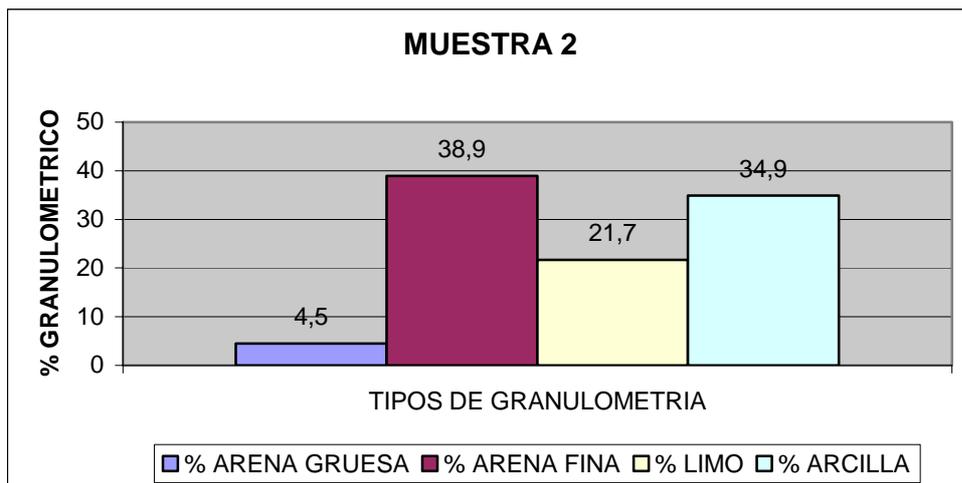
En el gráfico 4.1 se presenta una representación grafica de los porcentajes de distribución del tamaño de las partículas.

Gráfico No. 4.1



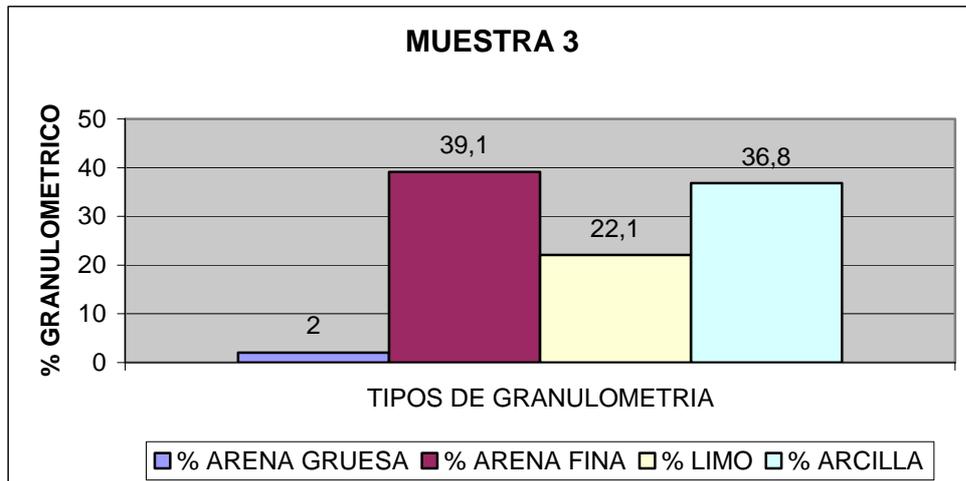
En el gráfico 4.2 presentamos que en la muestra N° 2 se obtuvo un mayor porcentaje de arena fina, seguido de la arcilla y en mínimo la arena gruesa.

Gráfico No. 4.2



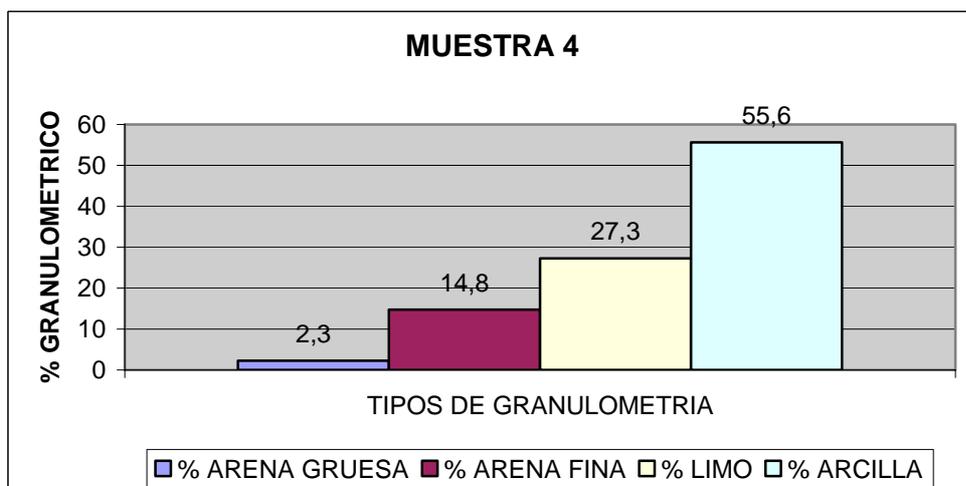
En el gráfico 4.3, presentamos que en la muestra N° 3 según los tipos de granulometría, la arena fina se encuentra en mayor porcentaje, seguido de la arcilla y con un mínimo porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.3



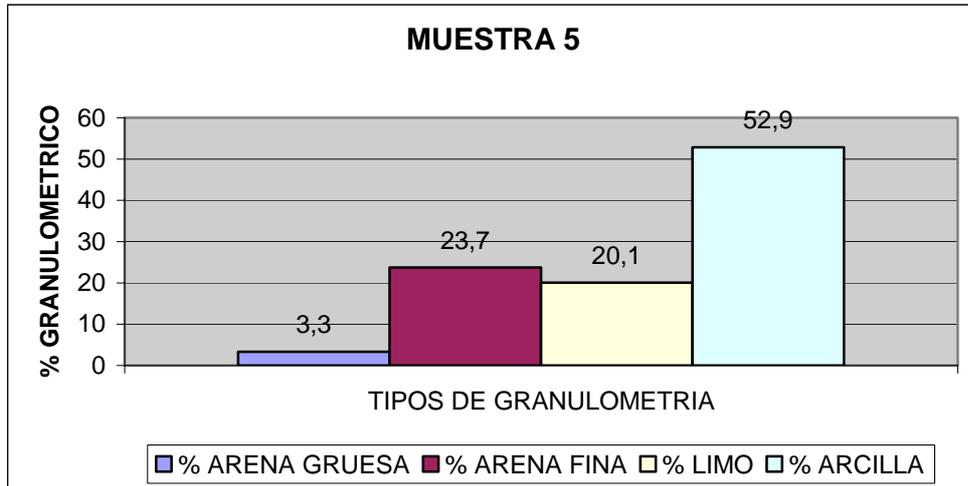
En el gráfico 4.4, según los resultados de granulometría de la muestra N° 4, la arcilla es la que se presenta en mayor porcentaje, seguido del limo y con poco porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.4



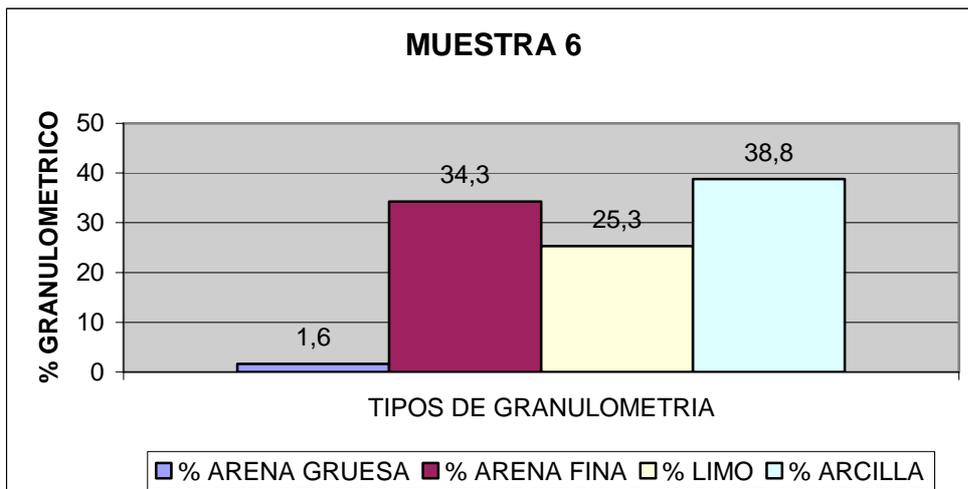
En el gráfico 4.5 se expone que en los resultados de la muestra N° 5, la Arcilla representa en mayor porcentaje, seguido de la arena fina, siendo el de menor porcentaje la arena Gruesa.

Gráfico No. 4.5



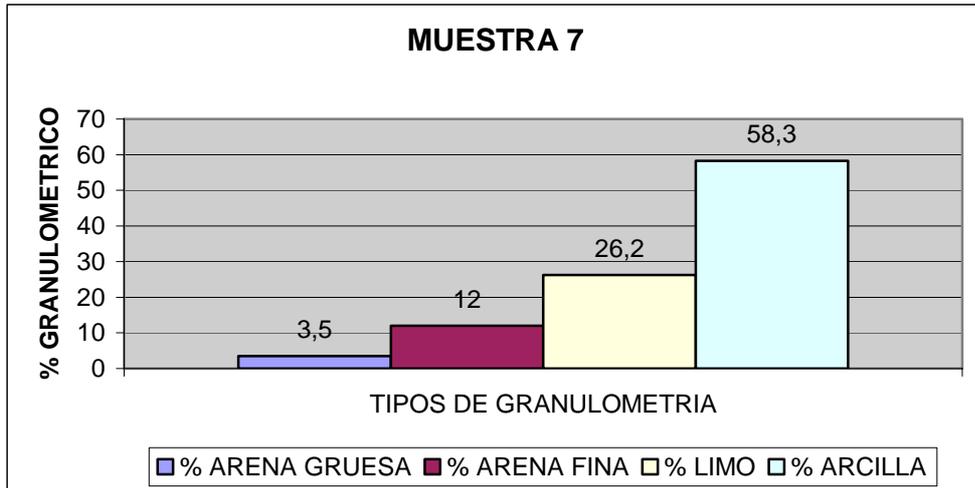
En el gráfico 4.6, se presentan los resultados granulométricos obtenidos de la muestra de suelo N° 6, en donde el que presenta mayor porcentaje es la arcilla, seguido de la arena fina y con menor porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.6



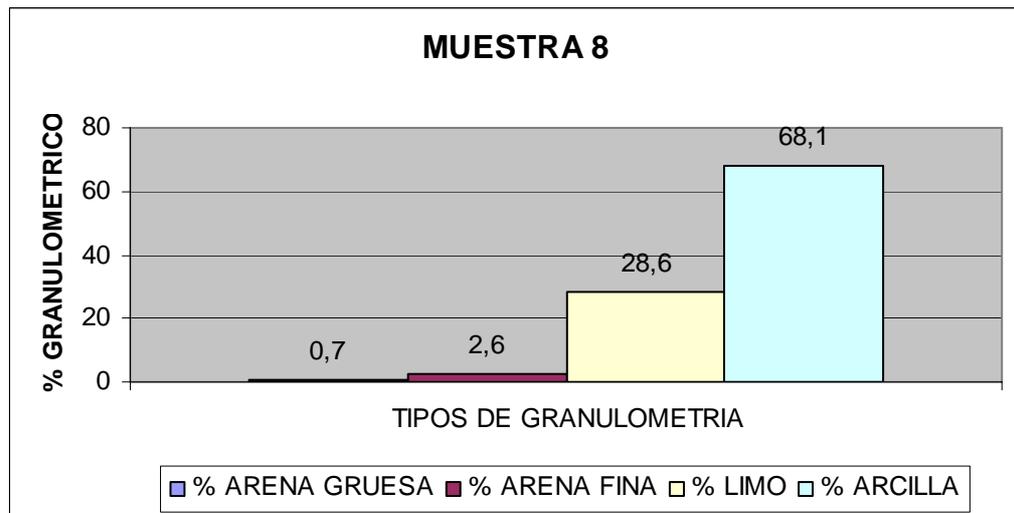
En el gráfico 4.7 presentamos que en la muestra N° 7, según los ensayos de granulometría, la arcilla presenta el mayor porcentaje, seguido del limo y con menor porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.7



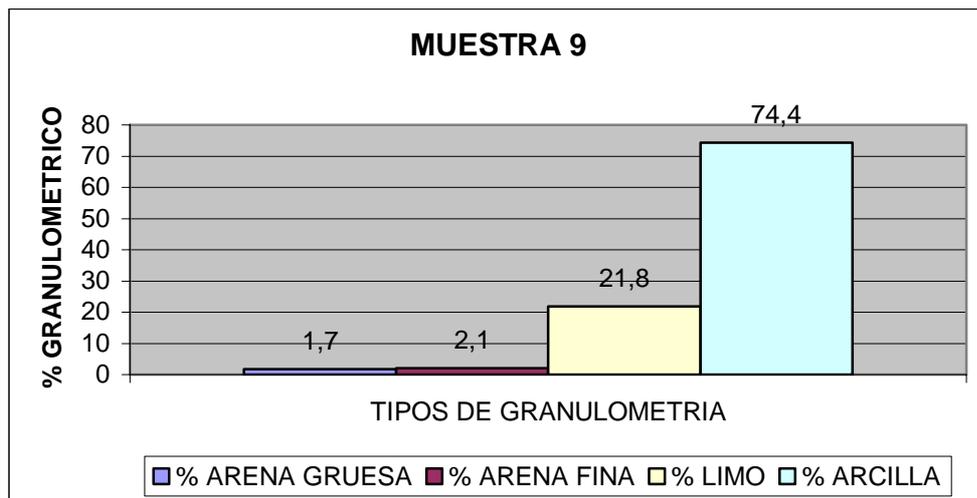
El gráfico 4.8 presenta que en los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la muestra de suelo N° 8, la arcilla es la que presenta mayor porcentaje, seguido, con una considerable diferencia, el limo y la arena fina, siendo el de menor porcentaje, la arena gruesa.

Gráfico No. 4.8



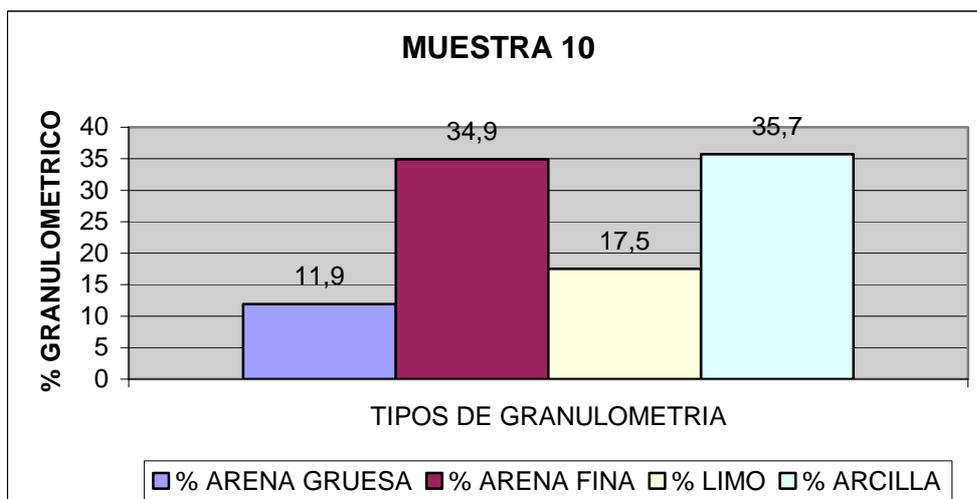
En el gráfico 4.9 presentamos, que en la muestra N° 9, la arcilla resultó con mayor porcentaje, seguido del limo y con poco porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.9



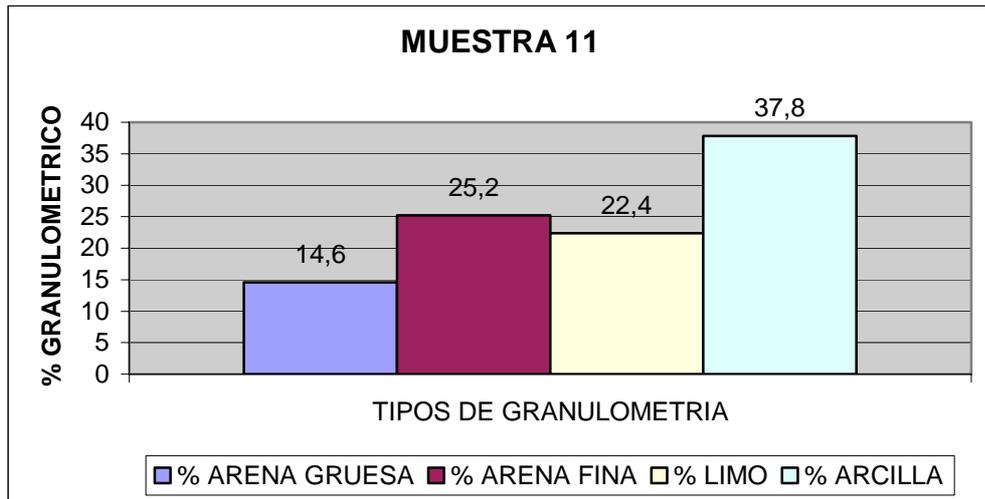
En el gráfico 4.10, se presentan los resultados obtenidos de la muestra N° 10, los cuales que presentan que el de mayor porcentaje es la arcilla, seguido de la arena fina y con menor porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.10



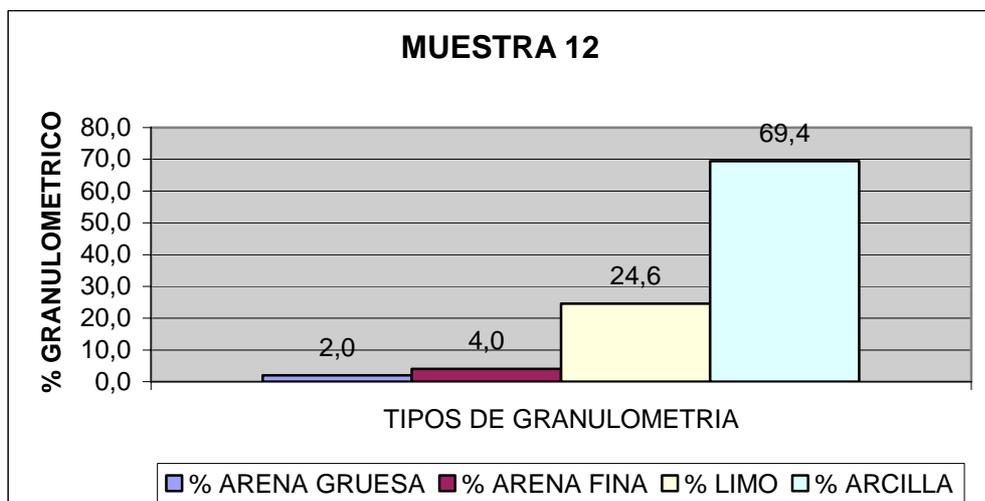
En el gráfico 4.11 presentamos los porcentajes obtenidos de los ensayos realizados a la muestra N° 11, en el cual la arcilla se presenta en proporciones mayores, seguido de la arena fina y con menor proporción la arena gruesa.

Gráfico No. 4.11



En el gráfico 4.12, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados en la muestra de suelo N° 12, los cuales presentan un mayor porcentaje de arcilla, seguido del limo y con menor porcentaje la arena gruesa.

Gráfico No. 4.12



4.1.3 Resultados de los análisis de granulométrico (segunda campaña de muestreo)

A continuación se discute los resultados de los análisis de granulometría realizados con las muestras tomadas en la segunda campaña y efectuados en el laboratorio de Materiales y Suelos de la Universidad de Guayaquil.

Los puntos en los cuales se tomaron estas muestras tienen la misma ubicación geográfica de los siete primeros puntos que se tomaron en la primera campaña de muestreo. La siguiente tabla presenta la ubicación geográfica de estos puntos.

La decisión de realizar una segunda campaña, se debió al hecho de que los resultados de laboratorio obtenidos en las muestras de la campaña primera no eran de total aceptación por el suscrito, por lo tanto, para estar completamente seguro se realizó una nueva campaña habiendo obtenido nuevos resultados los mismos que se indican en la Tabla 4.4.

Según estos resultados el mayor porcentaje de cada muestra, está construida por suelo Arcilloso, ya que el porcentaje que pasó al Tamiz N° 200, rodea un promedio del 78.89% del total de las muestras. El porcentaje restante lo constituyen los Limos, ya que fue esta proporción la que fue retenida en el Tamiz N° 200.

Tabla No. 4.3
Ubicación geográfica de los puntos de muestreo (suelo-análisis físico).
(segunda campaña)

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.					
MUESTRA Nº	COORDENADAS (UTM)		FECHA	ALTURA (m)	SECTOR
	X	Y			
S M1	635.000	9 666.708	23-Feb-07	15	Hcda. Sr. Antonio Falquez, camino Esc. Richard Nixon
S M2	635.675	9 665.017	23-Feb-07	18	Hcda. Sr. Francisco Murillo
S M3	634.870	9 664.056	23-Feb-07	18	Empacadora Don Manuel Armijos, Parque Israel (635.890,9 666.625)
S M4	637.277	9 668.014	23-Feb-07	22	Vía Tenguel, Hcda. Don Teofilo Mosquera
S M5	636.189	9 668.078	23-Feb-07	22	Finca Don Teofilo Mosquera
S M6	635.837	9 669.915	23-Feb-07	11	Finca Don Guanoquiza
S M7	637.433	9 670.891	23-Feb-07	13	Finca Don Rodas (San Rafael)

S M_: Muestra de Suelo Nº , realizado por ing. Gastón Proaño

Tabla No. 4.4

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la cuenca del Río Tenguel (Contenido granulométrico-segunda campaña de muestreo)

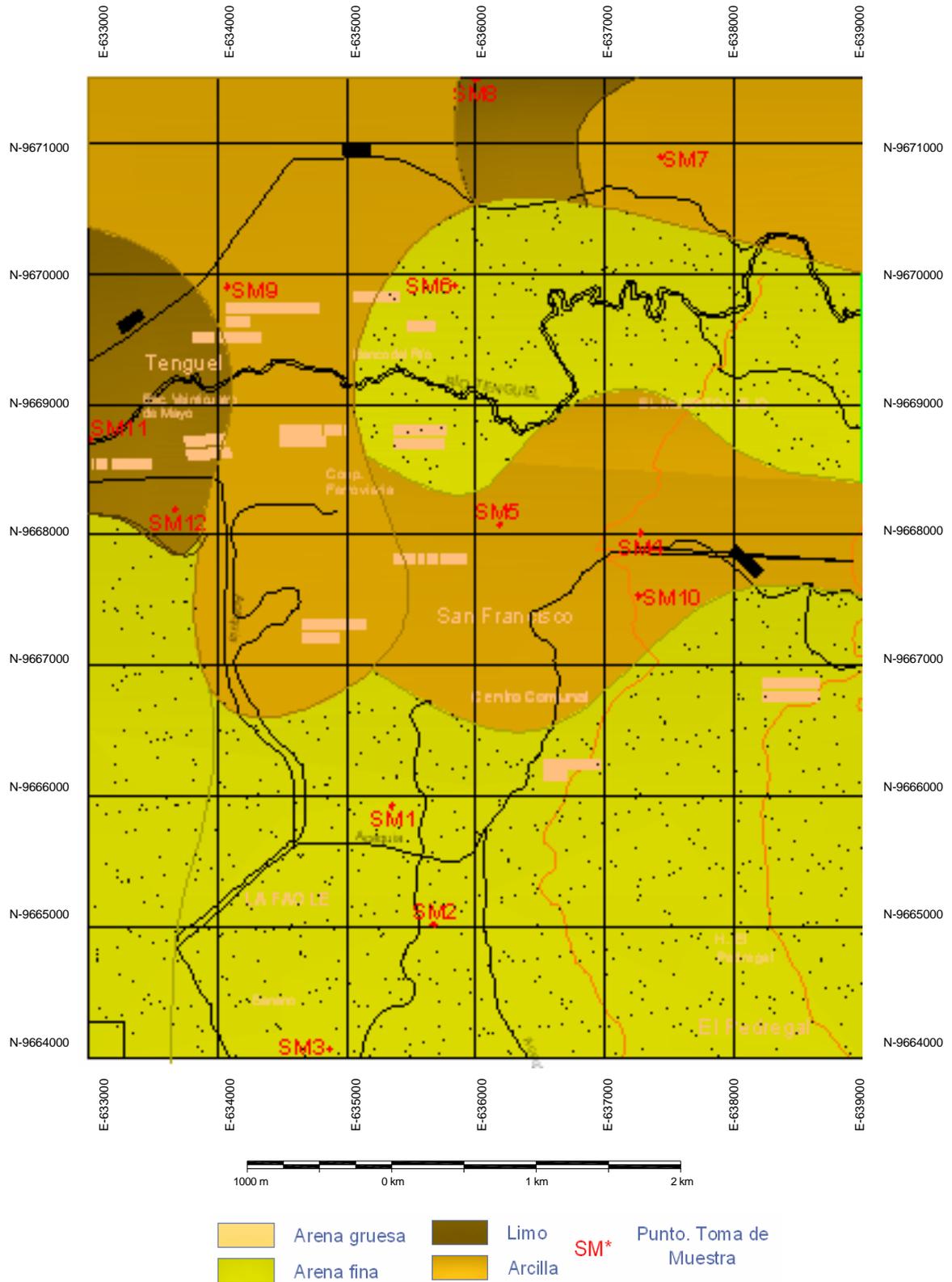
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
FECHA: 23-FEB-2007					
MUESTRA N°__	TAMIZ	PESO PARCIAL	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	%PASANTE ACUMULADO
S M1	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	34,1	13,14	13,14	86,86
	FONDO	225,4	86,86	100,00	0,00
	TOTAL	259,5	100,00		
S M2	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	78,3	26,52	26,52	73,48
	FONDO	216,9	73,48	100,00	0,00
	TOTAL	295,2	100,00		
S M3	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	23,7	13,54	13,54	86,46
	FONDO	151,4	86,46	100,00	0,00
	TOTAL	175,1	100,00		
S M4	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	71,1	33,57	33,57	66,43
	FONDO	140,7	66,43	100,00	0,00
	TOTAL	211,8	100,00		
S M5	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	76,4	25,12	25,12	74,88
	FONDO	227,8	74,88	100,00	0,00
	TOTAL	304,2	100,00		
S M6	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	65,6	26,24	26,24	73,76
	FONDO	184,4	73,76	100,00	0,00
	TOTAL	250	100,00		
S M7	No. 4	0	0,00	0,00	100,00
	No. 200	21,9	9,61	9,61	90,39
	FONDO	206,1	90,39	100,00	0,00
	TOTAL	228	100,00		

Fuente: Resultados de laboratorio de suelos de Universidad de Guayaquil

Para la segunda campaña de muestreo los ensayos de laboratorio se los realizó en el Laboratorio de Mecánica de suelos y materiales Dr. Arnaldo Ruffilit. Para confirmar la clase de materiales presentes en la zona de estudio, se tomó solo siete muestras que están dentro de las áreas dentro de los puntos indicados por el director de la tesis.

De acuerdo con los resultados emitidos por los Laboratorios de Mecánica de Suelos, se ha podido elaborar un mapa que muestra los diferentes Tipos de Suelo que existen en el área de estudio de esta tesis (figura 4.1).

Figura No. 4.1
Mapa de suelos.



Fuente: Resultados de los Análisis granulométricos.

4.2 Determinación del contenido de humedad

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, esta formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

El método tradicional de determinación del a humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, ósea:

$$w = (Ww / Ws) * 100 (\%)$$

Donde:

w = contenido de humedad expresado en %.

Ww = peso del agua existente en la masa de suelo.

Ws = peso de las partículas sólidas.

A continuación se presentan los resultados del contenido de humedad obtenidos de las muestras de suelo tomadas en la segunda campaña, recogidas en los siete primeros puntos de muestreo en la segunda campaña.

Las muestras de la primera campaña sirvieron para determinar la clasificación de los suelos utilizando la carta de plasticidad conocida como carta de **Casagrande** y las muestras de la segunda campaña se utilizaron para estudiar la clasificación de los suelos en base a la granulometría.

Tabla No. 4.5
Resultados de las muestras de suelos analizadas en la cuenca del Río Tenguel
(Contenido de humedad)

CONTENIDO DE HUMEDAD								
MUESTRA No		1	2	3	4	5	6	7
Recipiente No		1	G	5	F	C	E	A
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	403,40	399,10	293,10	310,10	446,80	381,60	375,40
	Recipiente + Peso seco	300,70	337,00	217,60	253,20	344,10	290,00	270,10
	Agua	102,70	62,10	75,50	56,90	102,70	91,60	105,30
	Peso del recipiente	41,20	41,80	42,50	42,40	39,90	40,00	42,10
	Peso seco	259,50	295,20	175,10	210,80	304,20	250,00	228,00
Contenido de agua		39,58	21,04	43,12	26,99	33,76	36,64	46,18

Fuente: Resultados de laboratorio de suelos de Universidad de Guayaquil

4.3 Límites líquido y plástico

Los **límites de Atterberg** o **límites de consistencia** se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1846-1916).

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en **estado sólido**, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de **semisólido**, **plástico**, y finalmente **líquido**. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del suelo y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se procedió a realizar los ensayos a las muestras de suelo, de los siguientes límites:

1. **Límite líquido:** Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
2. **Límite plástico:** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Con las muestras de suelo tomadas durante la segunda campaña, se realizó ensayos para determinar los límites de consistencia.

4.3.1 Determinación del límite Líquido

Los **equipos** utilizados fueron:

- ❖ Cuchara de Casagrande (referencia: **Nch 1517-1, LNV 89, ASTM D 4318**).
- ❖ Acanalador (misma referencia).

- ❖ Varios: espátula de acero flexible, plato de evaporación, capsulas para secado, balanza, etc.

La **preparación del material** se la realizó de la siguiente manera:

- ❖ Se utilizó únicamente la parte del suelo que pasa por la malla N° 40. Si la muestra contiene partículas de mayor tamaño, se deben eliminar.
- ❖ Se sustrajo por cuarteo, una muestra representativa de un tamaño que asegure una masa mínima de ensaye de 160 gr. de material.
- ❖ Se procedió a agregar agua cuando fue necesario, revolvió la muestra hasta obtener una pasta semilíquida homogénea.
- ❖ Se dejó un tiempo de curado para que las fases líquida y sólida se mezclen homogéneamente. El tiempo de curado de las muestras depende del grado de plasticidad del suelo, existiendo la siguiente clasificación:

Suelos de alta plasticidad ≥ 24 hr.

Suelos de plasticidad media ≥ 12 hr.

Suelos de baja plasticidad ≥ 1 hr.

Para el **cálculo del límite líquido**, se creó un gráfico con una abscisa semi- logarítmica, en la cual se ubicó el número de golpes; en la ordenada del gráfico se ubicó en escala aritmética la humedad (**W**) en porcentaje (en relación a la muestra de suelo seca en horno). Los puntos obtenidos tienden a alinearse sobre una recta, lo que permite la determinación de la ordenada (**límite líquido**) para la abscisa **N**= 25 golpes.

4.3.2 Determinación del límite plástico

Los **equipos** utilizados en este ensayo fueron:

- ❖ Plato de evaporación.
- ❖ Placa de vidrio esmerilado de 20 x 20.
- ❖ Cápsulas para secado.
- ❖ Balanza, con resolución de 0.01 gr.
- ❖ Horno, con circulación de aire y temperatura regulable.

- ❖ Patrón de comparación, alambre o plástico de 3 mm de diámetro.

La **preparación del material** se la realizó de la siguiente manera:

- ❖ Se utilizó únicamente la parte del suelo que pasa por el tamiz número 40.
- ❖ Se sustrajo por cuarteo una muestra representativa, que asegure una masa mínima de ensaye de 40 gr. de material.
- ❖ Se procede a agregar agua cuando sea necesario, se mezcla la muestra hasta que se obtiene una pasta plástica homogénea.
- ❖ Se dejó un tiempo de curado para que las fases líquida y sólida se mezclen homogéneamente. El tiempo de curado de las muestras depende del grado de plasticidad del suelo. Cuya plasticidad del suelo sigue la siguiente recomendación.
- ❖ Para suelos de alta plasticidad mayor a 24 horas
- ❖ Suelos de plasticidad media igual o mayor a 12 horas
- ❖ Suelos de baja plasticidad una hora en adelante

Para **calcular el límite plástico** se utilizó la masa plástica homogénea obtenida y con ésta se hicieron unos cuantos fideos de barro sobre un cristal esmerilado; a medida que se amasan se van secando. Cuando se observó que el barro de los fideos se empezó a agrietar, el barro ya empieza a estar seco y se colocaron los fideos en una cápsula con el fin de determinar más tarde su humedad. Después de haber llenado las tres cápsulas de esta manera y de haber calculado sus respectivas humedades se realizó la media aritmética de los tres valores y obtenemos el límite de plasticidad.

El índice de plasticidad (**I_p**) lo obtenemos restando el límite líquido (**W_I**) y del límite plástico (**W_p**).

$$I_p = W_I - W_p$$

A continuación (ver tabla 4.6 a 4.12) se presentan los resultados que proporcionaron los ensayos de límites líquido y plástico, realizados a las muestras de suelo.

Tabla No. 4.6

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (límite líquido y plástico)

LIMITE LIQUIDO MUESTRA 1					
		Ensayo			
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		17	22	8	4
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25,50	23,70	25,10	29,60
	Recipiente + Peso seco	16,90	16,10	17,70	20,90
	Peso Agua	8,60	7,60	7,40	8,70
	Peso del recipiente	6,90	6,30	7,60	7,90
	Peso seco	10,00	9,80	10,10	13,00
Contenido de humedad %		86,00	77,55	73,27	66,92
Numero de golpes		13	20	29	38

LIMITE PLASTICO MUESTRA 1					
PASO No		1	2	3	WL = 76 WP = 36 IP = 40 Clasificación del suelo según la carta de plasticidad(1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
Recipiente No		2	163	22	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	21,30	21,90	21,70	
	Recipiente + Peso seco	18,60	19,20	18,90	
	Peso Agua	2,70	2,70	2,80	
	Peso del recipiente	11,00	11,90	11,30	
	Peso seco	7,60	7,30	7,60	
Contenido de humedad		35,53	36,99	36,8	
Limite Plástico			36,45		

Tabla No. 4.7

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (limite líquido y plástico)

LIMITE LIQUIDO MUESTRA 2					
PASO No	1	2	3	4	
Recipiente No	76	22	10	16	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25,20	24,95	24,40	25,20
	Recipiente + Peso seco	19,00	19,00	18,90	19,40
	Peso Agua	6,20	5,95	5,50	5,80
	Peso del recipiente	11,30	11,50	11,80	11,40
	Peso seco	7,70	7,50	7,10	8,00
Contenido de humedad %	80,52	79,33	77,46	72,50	
Numero de golpes	12	20	27	34	
LIMITE PLASTICO MUESTRA 2					
PASO No	1	2	3	WL = 77,80 % WP = 35,46 % IP = 42,34 Clasificación del suelo según la carta de Plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	
Recipiente No	P	81X	16		
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	20,80	22,60		21,70
	Recipiente + Peso seco	18,40	19,80		19,00
	Peso Agua	2,40	2,80		2,70
	Peso del recipiente	11,70	11,70		11,50
	Peso seco	6,70	8,10		7,50
Contenido de humedad	35,82	34,57	36,00		
Limite Plástico					

Tabla No. 4.8

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (límite líquido y plástico)

LÍMITE LÍQUIDO MUESTRA 3					
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		RI	2	4	17
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	27,10	23,80	24,30	26,40
	Recipiente + Peso seco	17,90	15,90	17,30	18,90
	Peso Agua	9,20	7,90	7,00	7,50
	Peso del recipiente	7,80	6,60	7,90	8,10
	Peso seco	10,10	9,30	9,40	10,80
Contenido de humedad %		91,09	84,95	74,47	69,44
Numero de golpes		13	21	29	38

LÍMITE PLÁSTICO MUESTRA 3					
PASO No		1	2	3	WL = 80 WP = 32 IP = 48 Clasificación del suelo según la carta de plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
Recipiente No		61	189	19	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	20,00	20,80	20,60	
	Recipiente + Peso seco	17,90	18,50	18,40	
	Peso Agua	2,10	2,30	2,20	
	Peso del recipiente	11,50	11,50	11,30	
	Peso seco	6,40	7,00	7,10	
Contenido de humedad		32,81	32,86	30,99	
Limite Plástico			32,22		

Tabla No. 4.9

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (limite líquido y plástico)

LIMITE LIQUIDO MUESTRA 4					
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		20	4	31	5
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	27,10	27,20	23,00	30,20
	Recipiente + Peso seco	19,20	19,80	17,50	22,60
	Peso Agua	7,90	7,40	5,50	7,60
	Peso del recipiente	7,70	7,90	7,90	7,80
	Peso seco	11,50	11,90	9,60	14,80
Contenido de humedad %		68,70	62,18	57,29	51,35
Numero de golpes		11	21	29	35

LIMITE PLASTICO MUESTRA 4					
PASO No		1	2	3	WL = 60 WP = 30 IP = 30 Clasificación del suelo según la carta de plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
Recipiente No		B33	110	R14	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	20,00	20,20	20,10	
	Recipiente + Peso seco	18,10	18,20	18,10	
	Peso Agua	1,90	2,00	2,00	
	Peso del recipiente	11,70	11,70	11,30	
	Peso seco	6,40	6,50	6,80	
Contenido de humedad		29,69	30,77	29,41	
Limite Plástico			29,96		

Tabla No. 4.10

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (límite líquido y plástico)

LIMITE LIQUIDO MUESTRA 5					
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		5	9	8	8
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	27,50	23,80	24,80	25,40
	Recipiente + Peso seco	20,10	17,60	18,80	20,00
	Peso Agua	7,40	6,20	6,00	5,40
	Peso del recipiente	8,10	6,70	6,90	7,90
	Peso seco	12,00	10,90	11,90	12,10
Contenido de humedad %		61,67	56,88	50,42	44,63
Numero de golpes		13	20	27	37

LIMITE PLASTICO MUESTRA 5					
PASO No		1	2	3	WL = 53 WP = 28 IP = 25
Recipiente No		3	R	A7	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	20,20	20,00	20,60	Clasificación del suelo según la carta de plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
	Recipiente + Peso seco	18,20	18,10	18,60	
	Peso Agua	2,00	1,90	2,00	
	Peso del recipiente	11,30	11,30	11,50	
	Peso seco	6,90	6,80	7,10	
Contenido de humedad		28,99	27,94	28,17	
Limite Plástico			28,37		

Tabla No. 4.11

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (limite líquido y plástico)

LIMITE LIQUIDO MUESTRA 6					
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		30	13	3	3
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	27,30	27,50	23,30	30,10
	Recipiente + Peso seco	19,20	19,90	17,30	22,90
	Peso Agua	8,10	7,60	6,00	7,20
	Peso del recipiente	6,50	6,80	6,20	7,80
	Peso seco	12,70	13,10	11,10	15,10
Contenido de humedad %		63,78	58,02	54,05	47,68
Numero de golpes		11	20	28	36

LIMITE PLASTICO MUESTRA 6					
PASO No		1	2	3	WL = 54 WP = 30 IP = 24 Clasificación del suelo según la carta de plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
Recipiente No		21	5	MU	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	21,50	19,40	20,90	
	Recipiente + Peso seco	19,20	17,50	18,70	
	Peso Agua	2,30	1,90	2,20	
	Peso del recipiente	11,60	11,10	11,30	
	Peso seco	7,60	6,40	7,40	
Contenido de humedad		30,26	29,69	29,73	
Limite Plástico			29,89		

Tabla No. 4.12

Resultados de las muestras de suelos analizadas en la Cuenca del Río Tenguel (límite líquido y plástico)

LÍMITE LÍQUIDO MUESTRA 7					
PASO No		1	2	3	4
Recipiente No		15	RE	17	9
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	28,90	29,50	29,70	26,90
	Recipiente + Peso seco	19,10	21,50	20,60	18,80
	Peso Agua	9,80	8,00	9,10	8,10
	Peso del recipiente	8,00	11,50	8,10	6,70
	Peso seco	11,10	10,00	12,50	12,10
Contenido de humedad %		88,29	80,00	72,80	66,94
Numero de golpes		12	21	29	38

LÍMITE PLÁSTICO MUESTRA 7					
PASO No		1	2	3	WL = 77 WP = 32 IP = 45
Recipiente No		L	176	R8	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	19,10	18,90	18,60	Clasificación del suelo según la carta de plasticidad (1948): CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
	Recipiente + Peso seco	17,30	17,10	17,00	
	Peso Agua	1,80	1,80	1,60	
	Peso del recipiente	11,60	11,60	11,80	
	Peso seco	5,70	5,50	5,20	
Contenido de humedad		31,58	32,73	30,77	
Limite Plástico			31,69		

4.4 Determinación del contenido de pesticidas en las muestras de suelo y agua de la cuenca del río Tenguel

Para la determinación del contenido de pesticidas e las muestras de suelo y agua, recogidas en el trabajo de campo se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio:

4.4.1 Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en el agua

Referencia: Analytical Methods for Pesticides Plants Growth regulators and Food additives.

Matriz: Agua

Premisa: Se recomienda tomar 1l. de muestra, si el agua es turbia. Agitar la botella bien.

Conservación de la muestra: En refrigeración por un lapso máximo de 15 días.

Resumen: Este método consiste en la extracción de los pesticidas con n-hexano y determinación empleando CG/ECD (Cromatógrafo de Gases).

Materiales:

1 embudo de separación de 1 l

1 balón de 250ml

2 embudos

1 balón de 50ml

1 columna de separación de 25 x 100 mm

Papel filtro

1 balón aforado de 5 ml

1 probeta de 1000 ml

Magnetos agitadores

Reactivos:

80 ml de n- hexano grado analítico y cromatográfico

Lana de vidrio.

10 g de Na₂ SO₄ anhidro grado analítico

Éter dietil - Purificado

Éter de petróleo - Purificado

Florisil - Purificado

Equipos:

Rota vapor

Cromatógrafo de Gases detector ECD.

Balanza analítica

Procedimiento:

1. Verter 900 ml del agua a analizar en un embudo de separación de 1 l; desechar el resto.
2. Poner 25 ml de n- hexano en la botella o recipiente que contenía el agua y tras agitar para lavar bien las paredes, verterlo sobre el embudo de separación, dejando escurrir el contenido de la botella sobre el mismo varios minutos.
3. Agitar vigorosamente el embudo de separación durante 1 minuto y dejar decantar las capas durante 10 minutos.
4. Pasar la capa acuosa a la botella original y la de hexano a un erlenmeyer o balón filtrando a través de Na₂SO₄ anhidro, y lana de vidrio.

Si la capa del n-hexano estuviera emulsionada, se añadirá previamente, aproximadamente 5 mL de agua destilada, agitando y dejando separar las capas.

Se vuelve a pasar el agua de la botella al embudo de separación repitiendo la operación de la 2, 3 y 4 dos veces más, con nuevas porciones de 25 ml de n-

hexano. Lavar finalmente el embudo del filtrado que Na_2SO_4 con una porción de n-hexano.

Las tres porciones de n-hexano (75ml) unido al de lavado final se concentra en rotavapor hasta 10 -15 ml en Baño Maria a una temperatura que no sobre pase el punto de ebullición del n-hexano

El extracto del rotavapor se pasa a un balón de 50mL a través de Na_2SO_4 anhidro y se concentra a 5 ml.

Con una microjinesima se inyecta la dosis requerida en el cromatógrafo de gases con columna y condiciones para compuestos clorinados. Si fuera necesario, se purifica el extracto mediante una columna de florisil.

Purificación del extracto:

1. Calcinar el Florisil por cinco horas a 650°C
2. Activar a 130°C por 24 horas.
3. Colocar en la columna de separación 10 cm. de Florisil, el cual debe tener una preparación en húmedo con 40 ml de Éter de Petróleo.
4. Colocar en la parte superior 0,5 cm. de Na_2SO_4 .
5. Eluir el concentrado.
6. Enjuagar con 5 ml de éter de petróleo por dos veces.
7. Luego eluir 3 veces:

1ra elusión 200 ml (6 partes éter dietil: 94 partes éter de petróleo)

2da elusión 200 ml (15 partes éter dietil: 85 partes éter de petróleo)

3ra elusión 200 ml (50 partes éter dietil: 50 partes éter de petróleo)

8. Colectar los enjuagues y las elusiones, evaporar hasta 5 ml y aforar con hexano.
9. Analizar empleando CG/ECD.

10. Interpretar el Cromatograma

4.4.2 Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en el agua

Referencia: Analytical Methods for Pesticides Plants Growth regulators and Food additives.

Matriz: Agua

Premisa: Agitar la botella bien.

Conservación de la muestra: En refrigeración por un lapso máximo de 15 días.

Resumen: El método consiste en la extracción de los pesticidas organofosforados con diclorometano y una posterior limpieza con silica gel y eluciones sucesivas con combinaciones diferentes de éter dietílico y metanos. Eluciones que son concentradas, aforadas con acetona y analizadas mediante CG/TSD (Cromatógrafo de Gases).

Materiales:

- 1 embudo de separación de 500 ml;
- 1 probeta de 250 ml
- 1 probeta de 50 ml
- 1 probeta de 100ml
- 1 vaso de precipitación de 100 ml
- 1 embudo
- 1 balón de 50ml
- 1 balón de 500 ml
- 1 columna de separación de 2 a 2,5 cm. de ancho por 40 cm. de longitud.
- Papel filtro
- 1 balón aforado de 5 ml
- 1 pipeta volumétrica de 5 ml
- Magnetos para eliminar emulsiones

REACTIVOS:

14 g de cloruro de sodio
500 ml de diclorometano
10g Sulfato de sódio anhidro.
20 ml con acetona
400 ml de éter di etílico (lavado)
Lana de vidrio
15g de silica gel.
20 ml de metanol (lavado)

EQUIPOS:

Rota vapor
Cromatógrafo de Gases detector NPD (Detector de nitrógeno fósforo).
Balanza analítica

Procedimiento:

1. Medir 200 ml de agua y transferir a un embudo de separación de 500mL.
2. Agregar 14 g de cloruro de sodio y agitar vigorosamente hasta que este se disuelva.
3. Extraer 3 veces con 50 ml de diclorometano, agitando 2 minutos.
4. Evaporar las fases combinadas de diclorometano casi a sequedad.
5. Transferir el residuo a un balón de 50 ml y a través de sulfato de sodio anh. Con varias porciones de acetona, evaporar a sequedad.
6. Si el extracto esta limpio, disuelva el residuo en balón de 5 ml con acetona, de lo contrario proceda a clean up (lavado).

Lavar:

1. Llene la columna cromatográfica con 50 ml de éter dietílico, ponga un filtro de lana de vidrio en la base de la columna, agregue lentamente 15 g de silica gel.
2. Diluir el sobrenadante hasta el tope de la silica.
3. Agregue 5 g de sulfato de sódio anhidro.
4. Disuelva el extracto de la muestra en 5 ml de éter dietílico y añada a la columna, enjuague varias veces el balón con éter.
5. Eluir con 100 ml de éter di etílico
6. Eluir con 100 ml de éter di etílico : metanol (95:5)
7. Eluir con 100 ml de éter di etílico : metanol (9:1)
8. Evaporar los eluatos combinados casi a sequedad
9. Disolver el residuo con 5 ml de acetona.
10. Inyectar en el cromatógrafo de gases con detector NPD(Detector de nitrógeno fósforo)

Las muestras de AGUA que nos sirvieron para estos ensayos fueron tomadas en puntos estratégico, cuya ubicación geográfica, según los datos tomados con GPS, se las presenta en la presenta en la Tabla 3.7.

Los resultados que se obtuvieron de los análisis a las muestras de aguas y suelos de la cuenca en el Río Tenguel se los puede observar en la Tabla 4.8.

4.4.3 Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el suelo

Matriz: Suelo

Premisa: Secar la muestra y homogenizar, disminuir el tamaño de partícula en lo posible.

Conservación de la muestra: En refrigeración por un lapso máximo de 15 días.

Resumen: El método se basa en la extracción de los pesticidas con acetona y hexano, y separación de compuestos solubles en agua, los cuales en presencia

de cloruro de sodio aumenta su solubilidad. La determinación se la realiza por CG (Cromatografía de gases) con detector ECD (Detector de captura electrónica) Y NPD (Detector de nitrógeno fósforo), para detectar organoclorados y Organofosforados respectivamente, utilizando los solventes respectivos para cada detección.

Materiales:

- 2 embudo de separación de 1l
- 1 embudo de separación de 500 ml
- 2 probetas de 250 ml
- 1 kitasato de 1000 ml
- 1 probeta de 1000 ml
- 1 probeta de 10 ml
- 1 probeta de 50 ml
- 1 embudos
- 3 balones de 250ml
- 1 balón de 1000ml
- Papel filtro
- 1 balón aforado de 10 ml
- Magnetos agitadores

Reactivos:

- 250 ml de acetona
- 290 ml de n-hexano
- 800 ml de agua
- 15 ml de solución saturada de NaCl
- 5 g de Na₂SO₄

Equipos:

- Rota vapor
- Cromatógrafo de Gases detector ECD (Detector de captura electrónica) y TSD (Sólidos Totales Disueltos)

Balanza analítica
Agitador Mecánico

PROCEDIMIENTO:

2. Pesar 50 g de muestra
3. Extraer con 250 ml de acetona +250 ml de n-hexano en agitador mecánico durante 3 horas.
4. Filtrar en balón de 1000 ml y lavar varias veces con la mezcla extractora.
5. Evaporar hasta 80 ml y transferir a un embudo de separación de 1 l y agregar 600 ml de agua +10 ml de solución saturada de NaCl y agitar por 1 minuto.
6. Dejar separar las fases, la fase acuosa extraer con 30 mL de n-hexano.
7. Unir las dos fases de n-hexano, extraer dos veces con 100 ml de agua + 5 ml de NaCl, agitar y separar fases.
8. Descartar la fase acuosa
9. Las fases orgánicas n-hexano filtrar a través de Na₂SO₄ y lavar con n-hexano
10. Evaporar la mezcla de solventes
11. Tomar en 10 ml de n -hexano
12. analizar empleando CG/ECD (capturador de gases) si se analiza organoclorados si son fosforados aforar con acetona y analizar por NPD (Detector de nitrógeno fósforo)

Tabla No. 4.13

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo (agua-análisis químicos).

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.					
MUESTRA N°	COORDENADAS (UTM)		FECHA	ALTURA (m)	SECTOR
	X	Y			
A M1	635.738	9 667.570	03-Nov-06	22	Casa abuelita "zanja" (Tenguel-San Francisco)
A M2	635.837	9 669.915	03-Nov-06	12	Finca Don Guanquinza (San Rafael)
A M3	637.433	9 670.901	03-Nov-06	11	Hcda. Don Rodas (San Rafael)
A M4	636.000	9 671.228	03-Nov-06	22	Hcda. Maldonado (San Rafael)
A M5	634.076	9 669.901	03-Nov-06	17	Hcda. Don Carlos M, Hcda.Pangolita (Tenguel)
A M6	637.265	9 667.533	03-Nov-06	22	Finca Tenesaca (Tenguel-San Francisco)
A M7	633.000	9 668.733	03-Nov-06	9	Finca Calderón (Tenguel) junto a pista de aterrizaje
A M8	633.670	9 668.193	03-Nov-06	11	Hcda. La Carlita de Don Carlos Moscoso (Tenguel)
A M9	635.738	9 667.570	03-Nov-06	22	Casa de la abuela "Pozo"

A M_: Muestra de Agua N°_

Tabla No. 4.14

Resultados del análisis de pesticidas en las muestras de aguas y suelos de la cuenca del Río Tenguel.

Nombre de la muestra	Código de muestra Pesticidas		Residuos Encontrados (ppb**)	* Límites Máximos (ppm)
Agua M1	06282	Lindano	0,014	-----
	06283	Organofosforados	ND	1,54
Agua M2	06284	Organoclorados	ND	3,09
	06285	Organofosforados	ND	0,1
Agua M3	06286	Lindano	0,020	-----
	06287	Organofosforados	ND	1,54
Agua M4	06288	Lindano	0,014	-----
	06289	Organofosforados	ND	1,54
Agua M5	06290	Lindano	0,019	-----
	06291	Organofosforados	ND	1,54
Agua M6	06292	Clorotalonil	0,006	-----
	06293	Organofosforados	ND	1,54
Agua M7	06294	Endosulfan sulfato	0,021	-----
	06295	Organofosforados	ND	1,54
Agua M8	06296	Organoclorados	ND	-----
	06297	Organofosforados	ND	1,54
Agua M9	06298	Lindano	0,322	-----
		Clorotalonil	0,008	

Suelo M1	O6300	Organoclorados	ND	3,09
	O6301	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M2	O6302	Organoclorados	ND	3,09
	O6303	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M3	O6304	Cis-clordano	0,163	-----
		Dieldrin	0,026	
		Beta-endosultan	0,020	
	O6305	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M4	O6306	Organoclorados	ND	3,09
	O6307	Organofosforados	----	1,54
Suelo M5	O6308	P`p-DDT	35,672	0,07
	O6309	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M6	O6310	Organoclorados	ND	3,09
Suelo M6	O6311	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M7	O6312	Organoclorados	ND	3,09
	O6313	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M8	O6314	Beta-endosultan	0,022	-----
		p`p-DDD	0,015	
	O6315	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M9	O6316	o.oDicofol	0,5421	
	O6317	Malathion	<100 ppb	
Suelo M10	O6318	Organoclorados	ND	3,09
	O6319	Profenofos	<100 ppb	

Suelo M11	O6320	Organoclorados	ND	3,09
	O6321	Organofosforados	ND	1,54
Suelo M12	O6322	Organoclorados	ND	3,09
	O6323	Organofosforados	ND	1,54

CAPÍTULO 5

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Criterios de calidad de aguas

Para interpretar los datos que se obtuvieron de los ensayos realizados a las muestras de aguas, es necesario tener claro algunos parámetros, que serán expresados a continuación; ya que esta tesis, esta relacionada con la afectación que se produce a la calidad del suelo y agua, por la aplicación de plaguicidas en los cultivos de banano en los sectores aledaños a la cuenca del Río Tenguel, dentro del contorno de nuestra área de estudio.

5.1.1 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a. Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- c. Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (Ver tabla 5.1). Para la interpretación de la calidad de las aguas, se utilizarán los siguientes valores máximos de los parámetros, presentes en el agua de consumo humano:

Tabla No. 5.1

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Pesticidas y Herbicidas			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1

Fuente: Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SUPLEMENTARIO para el Ecuador

Además de los parámetros indicados en esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios para la turbiedad de las aguas de estuarios que debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);
- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

5.1.2 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en Las Normas del Ministerio del Ambiente.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 5.2):

TABLA No. 5.2
Límites máximos de pesticidas en aguas de riego.

Pesticidas y herbicidas			
Parámetro	Expresado como	Unidad.	Límite Máximo Permisible.
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Coliformes Totales	nmp/100 ml	---	1000

Fuente: Libro VI del TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL SUPLEMENTARIO para el Ecuador

5.2 Interpretación de resultados

5.2.1 Análisis de los plaguicidas organoclorados en el agua

El análisis en laboratorio para los residuos de plaguicidas organoclorados en agua, siguió básicamente el procedimiento denominado SPE, análisis por cromatografía de gases en detector de captura de electrones (ECD) con un límite de detección mayor a 0,01 ppb.

Tabla No. 5.3

Valores de organoclorados en muestras de agua

Nombre de la muestra	Código de muestra	Pesticidas	Residuos
			Encontrados (ppb**)
Agua M1	O6282	Lindano	0,014
Agua M2	O6284	Organoclorados	ND
Agua M3	O6286	Lindano	0,02
Agua M4	O6288	Lindano	0,014
Agua M5	O6290	Lindano	0,019
Agua M6	O6292	Clorotalonil	< 0,01
Agua M7	O6294	Endosulfan sulfato	0,021
Agua M8	O6296	Organoclorados	ND
Agua M9	O6298	Lindano Clorotalonil	0,322 < 0,01

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Observaciones: * La Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS' 2004 no ha establecido Límites Máximos de Residuos para aguas y suelos. Límites permitidos (establecidos por la TULAS) en agua para pesticidas organoclorados totales: 0,01 ppm, organofosforados y carbamatos: 0,1 ppm.

** ppb = partes por billón

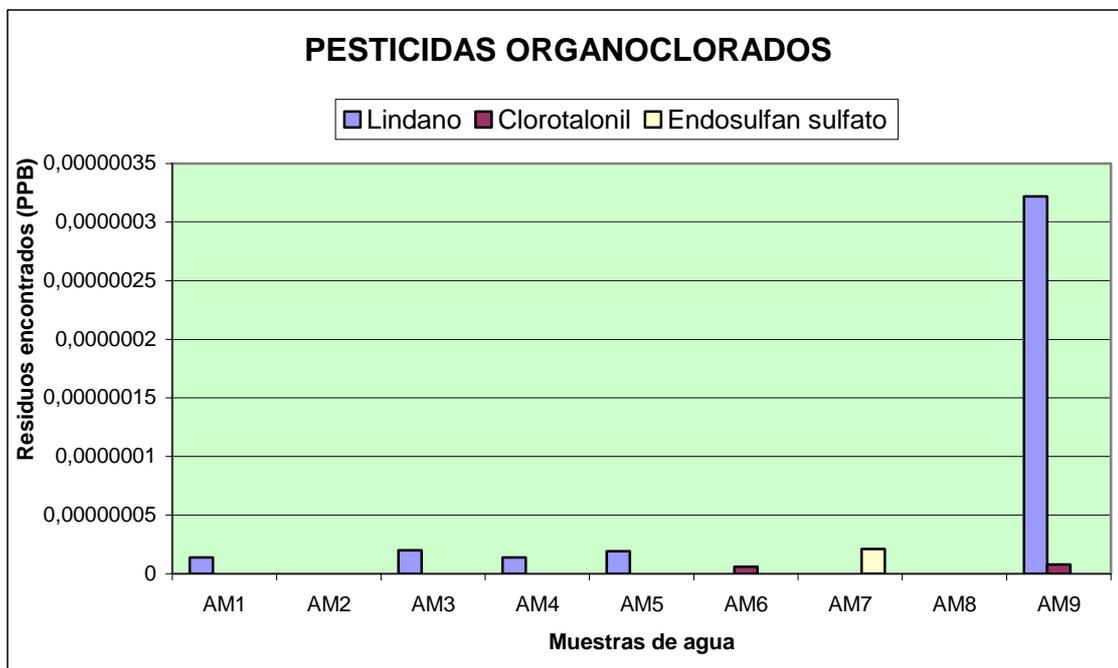
ND = No Detectado

En las muestras de agua tenemos la presencia de Lindano que fue detectado en la muestra uno, tres, cuatro, cinco y nueve. También en la muestra numero seis y nueve el clorotalonil es menos de una centésima de partes por billón. En la única muestra que encontramos Endosulfan sulfato es la muestra siete con dos centésimas de partes por billón.

En el grafico 5.1 se hace una presentación de los residuos de plaguicidas detectados en las muestras de agua, donde se apreciara la mayor cantidad de Lindano para la muestra nueve.

Gráfico 5.1

Residuos de plaguicidas organoclorados en el agua totales (OCT)

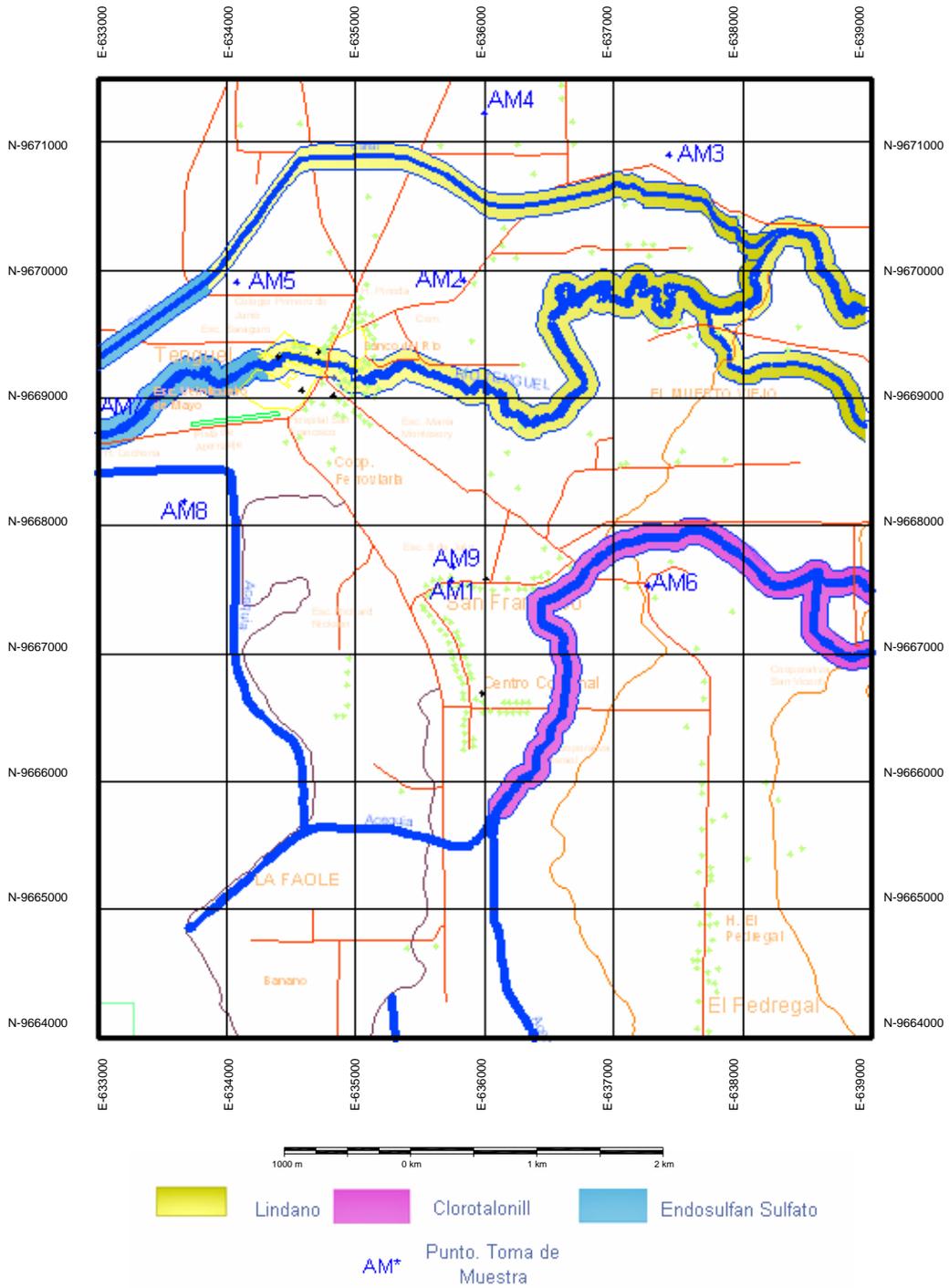


Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

En la figura 5.1 siguiente, se hace la distribución espacial de la concentración de los contaminantes a lo largo de los cursos de agua superficial, como Lindano, Clorotalonil y Endosulfan Sulfato que son los plaguicidas que han sido detectados en las muestras de agua tomadas durante el trabajo de campo de esta investigación.

Se puede apreciar que el Lindano es el que se distribuye en un área mayor, situación concordante con el uso detectado en la realidad.

Figura No. 5.1
Zonas de pesticidas detectados en el agua.



5.2.2 Análisis de los plaguicidas organofosforados en el agua

Para el análisis en el laboratorio de los residuos de plaguicidas/pesticidas organofosforados en las muestras de agua recogidas durante el trabajo de campo, se utilizó el procedimiento denominado Analytical Methods For Pesticidas, Plant Growth regulators and Food Additives, G Zweig. Análisis realizado por cromatografía de gases en detector fotométrico de llama pulsada (PFPD), teniendo un límite de cuantificación > 0,100 ppm

Observando los resultados emitidos por el laboratorio SESA, se pudo apreciar que no se detectaron índices de pesticidas, por lo que no se realizó ningún gráfico comparativo.

En la tabla 5.4 se indica el resultado del análisis de laboratorio para las muestras de agua procedentes de los sitios de muestro en la zona de estudio.

Tabla No. 5.4

Valores de organofosforados en las muestras de agua

No. de Muestra	Nombre de la muestra	Pesticidas	Residuos Encontrados (ppb^{**})
06283	Agua M1	Organofosforados	ND
06285	Agua M2	Organofosforados	ND
06287	Agua M3	Organofosforados	ND
06289	Agua M4	Organofosforados	ND
06291	Agua M5	Organofosforados	ND
06293	Agua M6	Organofosforados	ND
06295	Agua M7	Organofosforados	ND
06297	Agua M8	Organofosforados	ND
06299	Agua M9	Organofosforados	ND

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Observaciones: * La Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS' 2004 no ha establecido Límites Máximos de Residuos para aguas y suelos. Límites permitidos (establecidos por la TULAS). En agua para pesticidas organoclorados totales: 0,01 ppm, organofosforados y carbamatos: 0,1 ppm.

** ppb = partes por billón

ND = No Detectado

5.2.3 Análisis de los plaguicidas organoclorados y organofosforados realizados en las muestras de suelo procedentes de la Zona de Tenguel

Para el análisis de los plaguicidas Organoclorados y Organofosforados realizado en las muestras de suelos, se procedió mediante los siguientes métodos: Mulri-Residue Análisis of Journal or Environmental Quality, (Nov/Dec 1999; 28,6); ProQuest Agricultural Journals teniendo un límite de cuantificación mayor que 0,01 ppb.

Además, para Organofosforados se utilizó el Analytical Methods For Pesticidas, Plant Growth regulators and Food Additives, G Zweig, análisis realizado por cromatografía de gases en detector fotométrico de llama pulsada (PFPD) con un límite de cuantificación >0,100ppm respectivamente.

Esta metodología se intercalibró con la Red de Análisis Químicos Ambientales para América Latina (RAQAL) propuestos entre noviembre y diciembre de 1999.

En la Tabla 5.5 siguiente se indica los valores de los residuos determinados mediante el análisis anteriormente descrito.

Tabla No. 5.5
Resultados químicos de las muestras de suelos con plaguicidas encontrados

Nombre de la muestra	Código de muestra	Pesticidas	Residuos
			Encontrados (ppb ^{**})
Suelo M1	O6300	Organoclorados	ND
Suelo M2	O6302	Organoclorados	ND
Suelo M3	O6304	Cis-clordano	0,163
		Dieldrin	0,026
		Beta-endosultan	0,02
Suelo M4	O6306	Organoclorados	ND
Suelo M5	O6308	P`p-DDT	35,672
Suelo M6	O6310	Organoclorados	ND
Suelo M7	O6312	Organoclorados	ND
Suelo M8	O6314	Beta-endosultan	0,022
		p`p-DDD	0,015

Suelo M9	O6316 O6317	o.p'Dicofol Malathion	0,5421 <100 ppb
Suelo M10	O6318 O6319	Organoclorados Profenofos	ND <100 ppb
Suelo M11	O6320	Organoclorados	ND
Suelo M12	O6322	Organoclorados	ND

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Observaciones: * La Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS' 2004 no ha establecido Límites Máximos de Residuos para aguas y suelos. Límites permitidos (establecidos por la TULAS). En suelo agrícola para pesticidas organoclorados y metabolitos totales: 0,1 ppm

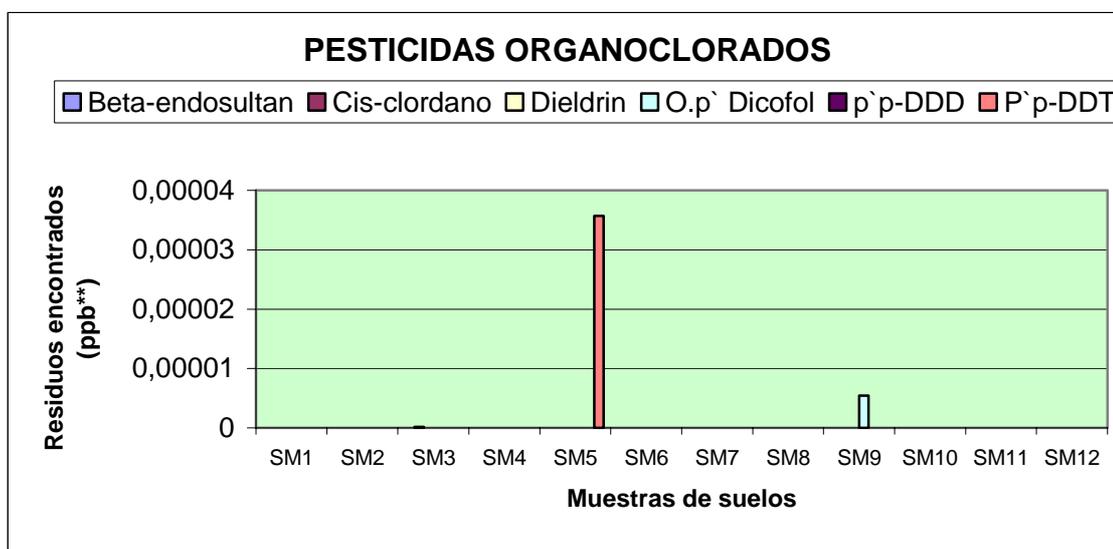
** ppb = partes por billón;

ND = No Detectado

De la tabla anterior se puede establecer lo siguiente: en las muestras tres, cinco, ocho y nueve se encontró Cis-clordano, Dieldrin, Beto-endosultán, p`p-DDD, en un 35,7 partes por billón a una altura de 22 metros de la Hacienda Mosquero. La presencia de este producto químico puede significar la reciente aplicación en el medio y su estadía temporal en las partículas del suelo. Tenemos una representación gráfica de los componentes determinados y se indica a continuación (gráfico No 5.2). Se puede apreciar la mayor participación del contaminante que existe en la muestra cinco.

Gráfico No. 5.2

Residuos de Plaguicidas Organoclorados Totales (OCT) en el suelo



Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Analizando los rangos de OCT (organoclorados totales), reportados en los análisis químicos de muestras de suelo, encontramos que en el área de estudio objeto de investigación de esta tesis, se registran valores bajos de concentración de residuos de los plaguicidas.

En la cuenca del río Tenguel, las principales fuentes que aportan plaguicidas al ambiente, son las fumigaciones que se realiza a los cultivos teniendo entre los principales los cultivos de banano. Cabe señalar que los residuos producto de las aplicaciones a las plantaciones de banano son transportados por los ríos y escorrentías superficiales que se desarrollan durante la época de invierno, tal es el caso del río Tenguel que recorre las principales regiones agrícolas de la zona bananera de este importante sector agrícola de la provincia del Guayas.

5.2.4 Análisis de los plaguicidas organofosforados en el suelo

Para determinar los residuos de plaguicidas presentes en el suelo, se utilizó el mismo método que para el análisis de las muestras de agua.

De conformidad con los resultados obtenidos en el laboratorio certificado, no se detecto la presencia de plaguicidas organofosforados. A continuación se muestra los resultados en la tabla 5.6.

Tabla No. 5.6

Muestras de suelo y presencia de organofosforados

Nombre de la muestra	Código de muestra	Pesticidas	Residuos
			Encontrados (ppb ^{**})
Suelo M1	O6301	Organofosforados	ND
Suelo M2	O6303	Organofosforados	ND
Suelo M3	O6305	Organofosforados	ND
Suelo M4	O6307	Organofosforados	ND
Suelo M5	O6309	Organofosforados	ND
Suelo M6	O6311	Organofosforados	ND
Suelo M7	O6313	Organofosforados	ND

Suelo M8	O6315	Organofosforados	ND
Suelo M11	O6321	Organofosforados	ND
Suelo M12	O6323	Organofosforados	ND

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Observaciones: * La Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS' 2004 no ha establecido Límites Máximos de Residuos para aguas y suelos. Límites permitidos (establecidos por la TULAS). En suelo agrícola para pesticidas organoclorados y metabolitos totales: 0,1 ppm

** ppb = partes por billón

ND = No Detectado

5.2.5 Análisis granulométrico del suelo

Como resultado del análisis granulométrico para la muestra N° 1 se obtuvo el mayor porcentaje para arcilla, seguido de arena fina y limo, siendo el de menor porcentaje el de arena gruesa.

Tabla No. 5.7

Distribución de muestras según mayor porcentaje de arcilla

Muestra No	% Arena Gruesa	% Arena Fina	% Limo
SM9	1,7	2,1	21,8
SM12	2	4	24,6
SM8	0,7	2,6	28,6
SM7	3,5	12	26,2
SM4	2,3	14,8	27,3
SM5	3,3	23,7	20,1
SM6	1,6	34,3	25,3
SM11	14,6	25,2	22,4
SM3	2	39,1	22,1
SM1	10,6	28,9	24,6
SM10	11,9	34,9	17,5
SM2	4,5	38,9	21,7

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

La muestra tres, uno, diez y dos son las que tienen menor porcentaje de arcilla, pero una participación importante de arena. En el anexo se presenta de forma espacial la distribución de las partículas del suelo.

De esta tabla se puede deducir que los suelos de la zona de estudio, son suelos arcillosos con contenido de limo y arena fina. Esta particularidad de la presencia de suelos arcillosos es muy representativa para la determinación de los índices ambientales por contaminación de pesticidas agrícolas, dado que las partículas de arcilla al estar saturadas impiden absolver cualquier otro componente líquido dentro de sus espacios vacíos.

CAPÍTULO 6

GENERACIÓN DE MAPAS BASE DE LA CUENCA DEL RÍO TENGUEL

Para la representación gráfica de los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados es esta tesis, se utilizó como criterios la clasificación de los materiales desde el punto de vista del tamaño de la partícula, análisis químico de las muestras de agua, análisis químico de las muestras de suelo, contenido de productos químicos pertenecientes a los compuestos organoclorados y contenido de compuestos organofosforados. Con la información obtenida se elaboró unos mapas que permiten visualizar espacialmente la distribución de los contaminantes en el medio ambiente del sector de Tenguel, asociados con el uso de pesticidas.

Para la elaboración de dichos mapas se utilizó un procesamiento de la información mediante el uso de programas asociados con el Sistema de información geográfico. Programa AutoCad, Integración de AutoCad y ArcGis y con ello se obtuvo el mapa de geología, mapa del orden de la cuenca, mapa del tamaño de los cauces, mapa del tipo de flujo, mapa del material del lecho, mapa de distribución de pesticidas, mapa de zona infectada por pesticidas en el agua y mapa del tipo de suelos.

En los párrafos que siguen se describe el detalle de la generación de cada uno de los tipos de mapas indicados.

6.1 Procesamiento de información

Para el procesamiento de la información y generación de mapas base de la cuenca del Río Tenguel, se utilizó la información cartográfica y desarrollada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), digitalización de la cartografía con el Diseño

Asistido por el Computador empleando el software AutoCad y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

6.1.1 Definición del Sistema de Información Geográfico

Un Sistema de Información Geográfico (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente, de tal manera que permite capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer los objetivos planteados en la tesis.

El SIG sirve como herramienta de trabajo para el proceso y representación de la información en mapas temáticos de fácil uso e interpretación hasta para personas de bajo conocimiento de la zona de estudio. La secuencia de pasos para al análisis cartográfico es:

- Recopilación y evaluación de la información básica disponible: cartas topográficas, catastrales, geológicas, de suelos, datos climáticos y meteorológicos, fotografías aéreas e imágenes radar, datos de campo sobre uso actual del suelo y datos socioeconómicos regionales.
- Confección de una base de datos cuali-cuantitativos de campo identificando situaciones de erosión hídrica en la cuenca.
- Diseño y ampliación de la base de datos anteriormente mencionada, a partir de la distribución geográfica-cartográfica.
- Desarrollo de técnicas de digitalización de mapas primarios por medio del software Autocad.
- Procesamiento de la información cartográfica en el Sistema de Información Geográfico y diseño del modelo cartográfico.
- Obtención del mapa de Distribución de suelos según las partículas encontradas en el análisis de laboratorio, mapa con la ubicación de los pesticidas detectados en los análisis químicos tanto en agua como en las muestras de los suelos que fueron recogidas en el trabajo de campo y dentro del área donde se utiliza pesticidas para el cultivo de banano.

6.1.2 Manejo del programa AutoCad

La información cartográfica disponible en las cartas Topográfica Tenguel se digitalizó para la obtención de los mapas temáticos en formato digital utilizando el programa del laboratorio de Teledetección de la ESPOL, el cual permite insertar y digitalizar imágenes, más no la edición, modificación, análisis y procesamiento de esta información.

6.2 Mapas temáticos

6.2.1 Mapa de la geología

La mayor parte de la composición geológica de la cuenca del Río Tenguel es un dominio litológico de rocas ígneas pertenecientes a la formación Macuchi que constituyen la parte alta de la cuenca de drenaje y un depósito aluvial muy extendido en la parte media y baja, donde prevalecen las terrazas aluviales. Las formaciones geológicas presentes en la cuenca se presentan en la Tabla 6.1 y en la Figura 6.1.

Tabla No. 6.1

Formaciones geológicas de la cuenca del Río Tenguel

FORMACIONES GEOLÓGICAS	EDAD	DESCRIPCIÓN
Formación Macuchi	Cretáceo	Constituida de rocas basálticas y dasíticas de color verde y gris oscuro; intercalación de brechas y aglomerados, bancos de areniscas, limolitas y pizarras volcánicas, son comunes.
Depósitos aluviales	Holoceno	Gran cantidad de sedimentos constituidos por materiales erosionados y arrastrados de las montañas adyacentes y morfológicamente están conformando conos de deyección.
Terrazas aluviales	Pleistoceno	Constituidas de areniscas y conglomerados con niveles pobremente compactados y muy erosionados.

Fuente: Mapa Geológico TENGUEL escala 1:100.000, publicado por el IGM, edición 1980

Descripción de la litología.- En el mapa de la figura 6.1 se identifica la formación Macuchi con el color verde y está localizada en el cuadrante sur este donde prevalecen las posibilidades de encontrar yacimientos de oro. Esto se afirma por la explotación de zonas mineras ubicadas en los drenajes cercanos a la zona de Tenguel como son los ríos Shumiral y El Esperanza.

La formación Macuchi en este sector geográfico ha sido enriquecida por flujos magmáticos tipo hidrotermal que han arrastrado minerales metálicos entre los cuáles se encuentra oro, plata y otros de gran interés económico que justifica su explotación.

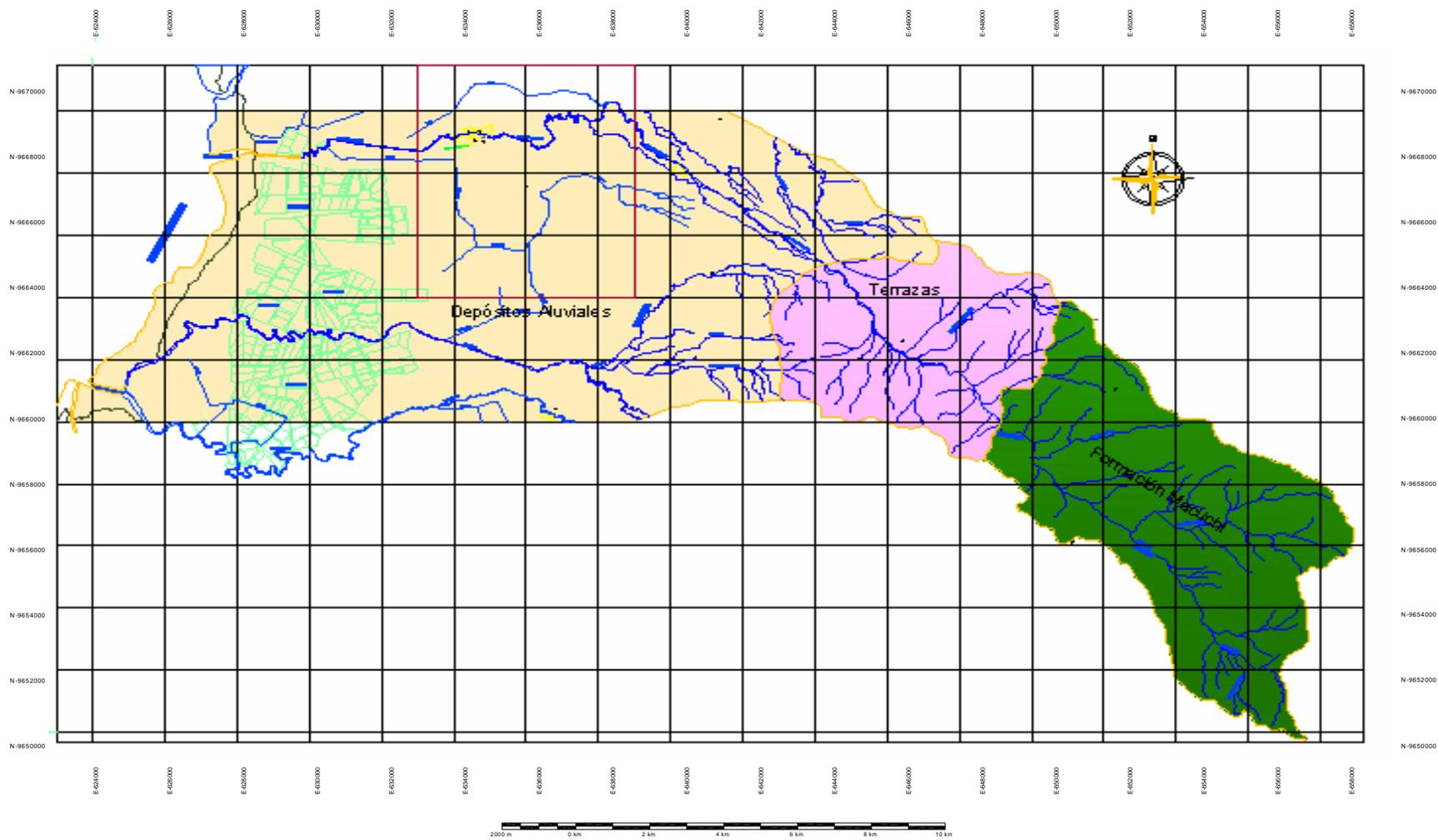
Las terrazas cuaternarias se ubican inmediatamente aguas debajo del límite que marca la frontera del afloramiento rocoso y que se caracterizan por la gran heterogeneidad de los tamaños de los bloques, gravas, arenas y todo tipo de material granular que forma esta unidad litológica.

El área que cubre la formación Macuchi sumada al área de las terrazas representa el cincuenta por ciento del total de la cuenca de drenaje del río Tenguel, aproximadamente.

La gran extensión del territorio lo cubren los depósitos aluviales que se ubican en el sector central y al oeste de la zona. Es en esta unidad geológica donde se desarrolla el sector bananero de Tenguel y que fue seleccionada para investigar el grado de contaminación de los suelos y las aguas superficiales por el uso de pesticidas agrícolas cuyo resultado es la presente tesis de Master en Ingeniería Ambiental.

Los suelos superficiales están constituidos por bancos de limo, arcilla ó una mezcla de arcilla con limo en porcentajes variables. En el estudio de la granulometría se comenta en detalle este tema. En la siguiente página se incluye el mapa geológico correspondiente y elaborado por el trabajo de campo.

Figura No. 6.1
Mapa geológico de la cuenca del Río Tenguel



LEYENDA

- | | | | |
|---|--------------------|---|-------------------|
|  | Depósito Aluvial. |  | Formación Macuchi |
|  | Terrazas Geología. |  | Área de Estudio |

6.2.2 Mapa del orden de la cuenca

Para elaborar el mapa de Orden de la cuenca del Río Tenguel, se consideró la composición de los sistemas de los cauces, como líneas dibujadas sobre un plano y luego digitalizadas en el AutoCad, las cuales se las jerarquizó según las ordenes de magnitud, asignándole el número 1 a las cuencas de primer orden, 2 a las de segundo, 3 a las de tercero y 4 a las de cuarto orden; según los análisis detallados en el Capítulo I, se concluye que la cuenca de este río es de cuarto orden.

La mayor cantidad de tributarios se ubican en la cuenca alta del río, situación que es concordante con la topografía y lo más importante con la geología. Las rocas de la formación Macuchi forman la parte alta de la cuenca y los drenajes conducen el agua lluvia desde este sector que es donde las brisas marinas del pacífico se chocan con la orografía y se precipitan formando los cursos de agua que posteriormente alimentan el cauce principal del río.

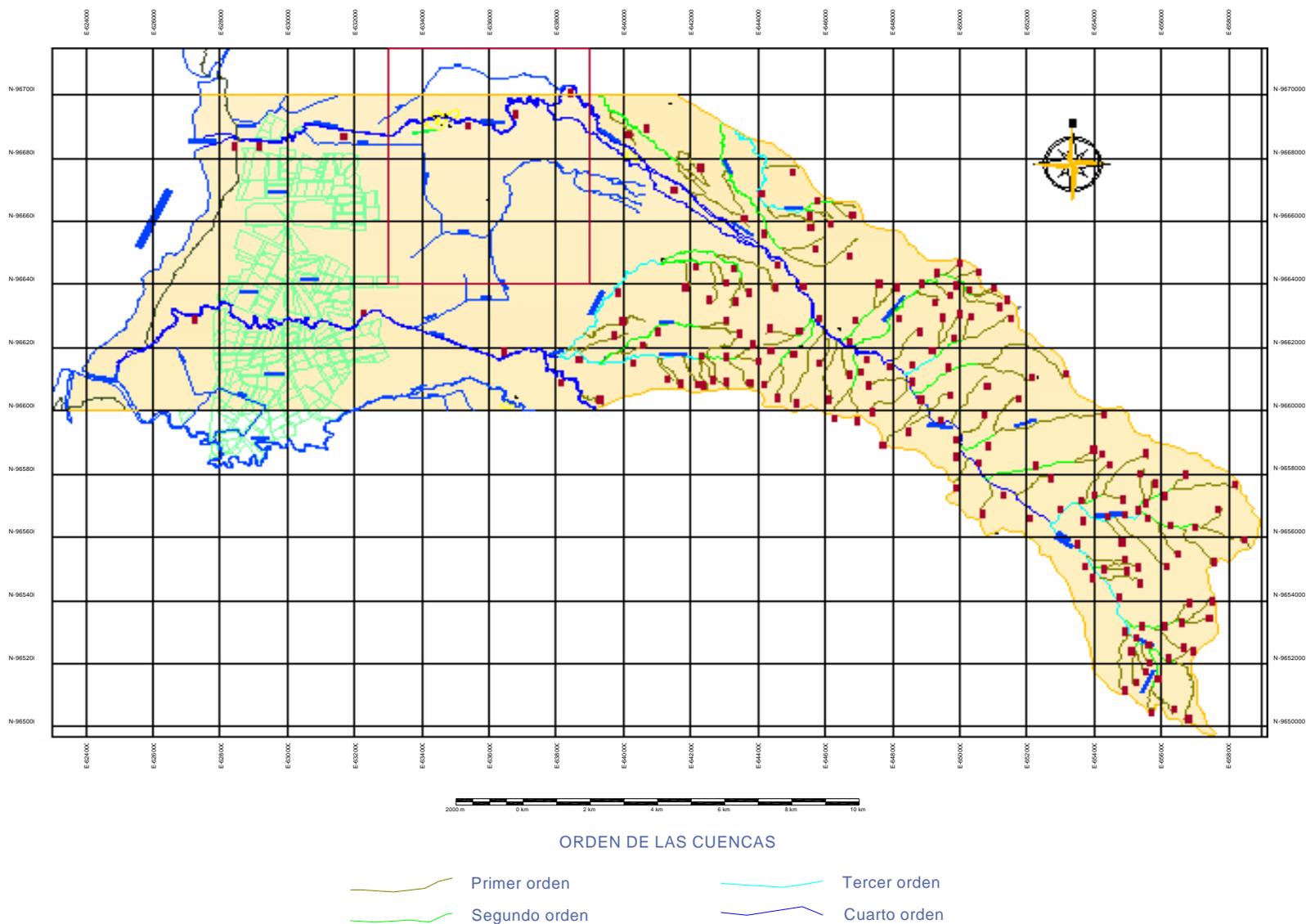
La parte alta del terreno se limita al 25% de la zona y luego vienen las terrazas y la zona baja. En las terrazas no se forman los drenajes porque no es zona fuente de las aguas sino zona de recepción, transporte y depositación.

Hasta el nivel de las terrazas el río alcanza el cuarto orden y desde allí lo conserva hasta la desembocadura. Esta situación morfológica controla el comportamiento del flujo del río durante las crecientes.

La parte baja que corresponde a la mayor superficie del terreno ha facilitado la depositación de los materiales finos que el río arrastra desde la cuenca alta. Debido a que la depositación está superando a la erosión, se ha estrangulado el cauce del río a tal punto que el ancho existente no es suficiente para evacuar la carga hidráulica que el río conduce durante la estación de invierno normal obligando a que se produzcan desbordamiento y con ello el lavado de los finos en superficie.

Cuando se presenta el fenómeno el Niño la situación se agrava a tal punto que no solo se erosionan los suelos superficiales, sino también suelos de mayor profundidad. En el figura 6.2 se muestra la distribución del drenaje y el cálculo del orden de la cuenca de drenaje.

Figura No. 6.2
Mapa del orden de la cuenca del Río Tenguel.



6.2.3 Mapa del tamaño de los cauces

Este mapa tiene relación con el mapa anterior, ya que para elaborarlo se tomo la relación siguiente: los cauces de orden 1 y 2 como tamaños pequeños, es decir, que en toda su extensión el ancho de estos drenajes no sobrepasa los 30 m; los de orden 3 se definen como medianos, es decir, que la extensión del ancho del drenaje varia de 30m a 100m y el cauce principal, que para la cuenca de este río es de orden cuatro se lo considera de tipo grande, es decir, el ancho del cauce mayor 100 m.

Como se mencionó anteriormente el mayor desarrollo de los drenajes de primer orden se ubican en la cuenca alta del río Tenguel que a su vez coincide con el relieve que forma el afloramiento de la formación Macuchi. En este sector los esteros y quebradas tienen un ancho de valle que no supera los treinta metros, peor aún el cauce de los ríos.

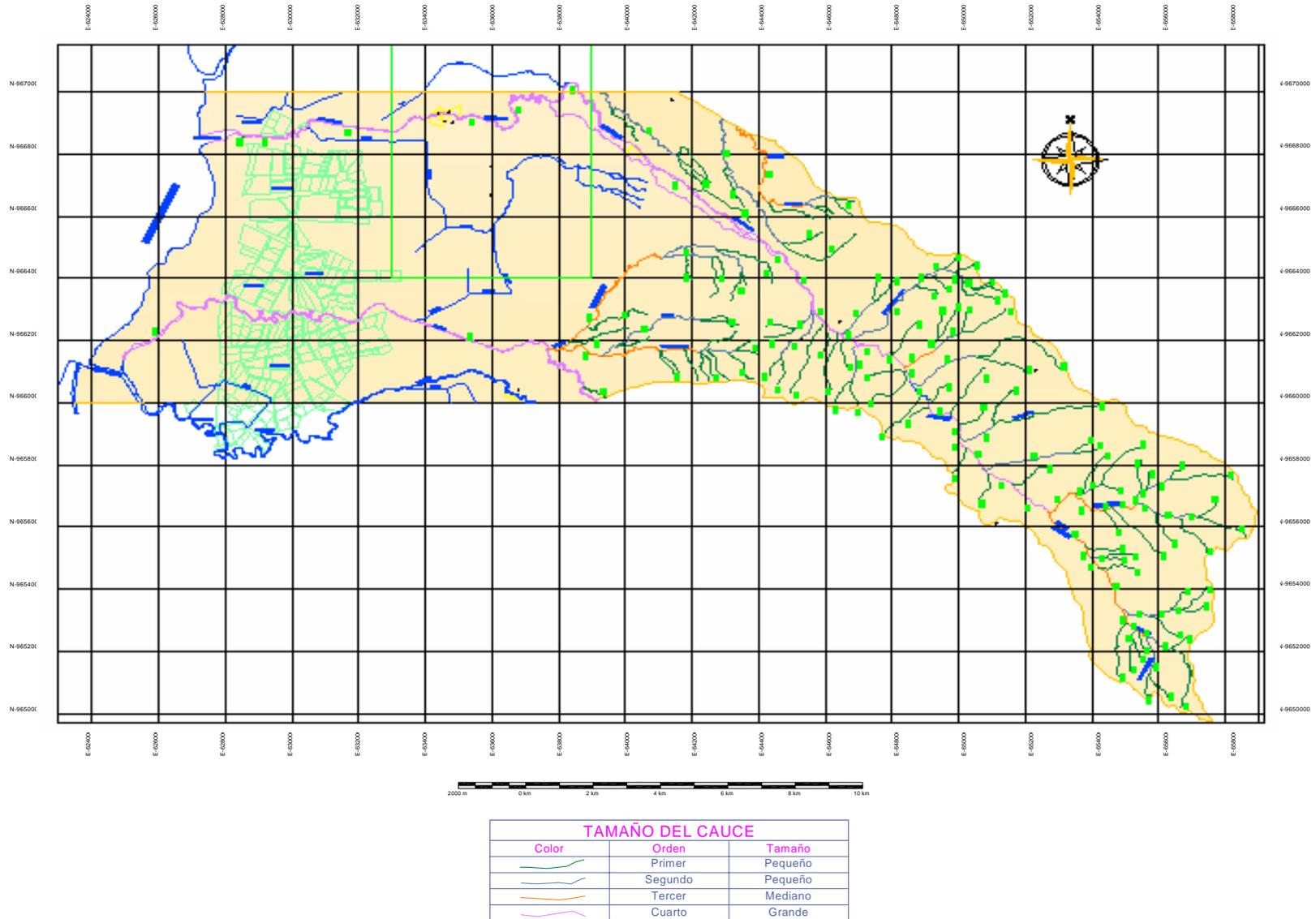
En el sector de la terrazas si se encuentra tributarios y el cauce del río principal más desarrollado y el ancho puede llegar en algunos sitios hasta los 100 metros.

En el sector plano el ancho del cauce del río Tenguel es mayor a 100 metro hasta cierto punto donde sufre estrangulamiento y es en este punto donde el ancho del cauce no supera dicha longitud, por lo que morfológicamente es un problema para la cuenca baja e hidráulicamente favorece el represamiento de las aguas que favorece el desbordamiento y las inundaciones. Seguramente los ciudadanos de Tenguel desconocen esta realidad del cambio en la morfología del cauce del río y son víctimas año tras año de las inundaciones y pérdidas de cosechas, productos y bienes materiales.

En la figura 6.3 que se indica en la siguiente página se incluye el mapa del tamaño de los cauces de la cuenca del río Tenguel.

Figura No. 6.3

Mapa del tamaño de los cauces de la cuenca del Río Tenguel.



6.2.4 Mapa del tipo de flujo

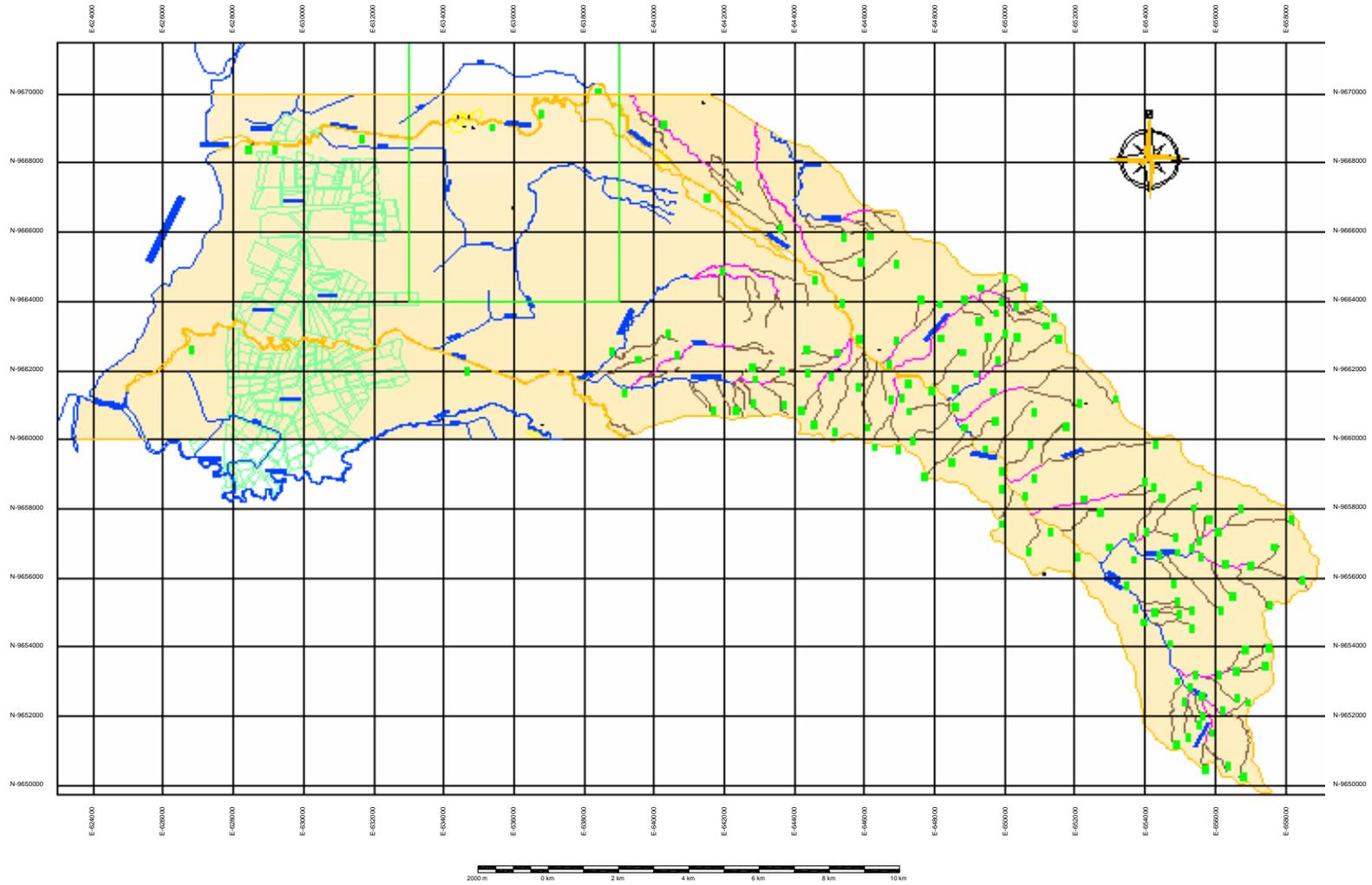
El mapa del tipo de flujo ha sido elaborado en base a criterios desarrollados por varios autores e investigadoras de la hidráulica principalmente. Como criterio principal para la caracterización de las zonas del tipo de flujo, se utiliza básicamente tres conceptos: Flujo perenne, Flujo perenne pero fugas y flujo efímero o intermitente.

Igualmente este mapa se lo relacionó con el mapa de orden de la cuenca, es decir que para su cauce principal el flujo es perenne; perennes pero fugaces e intermitentes los que denominamos anteriormente como orden 2 y 3; y como efímero o intermitente a los de la parte alta de la cuenca o a los definidos como de orden 1. Esta clasificación se la realizó en base a los siguientes conceptos:

- El flujo intermitente fluye brevemente en respuesta directa a la precipitación.
- Los flujos perennes mantienen un flujo de agua todo el año
- Un flujo perenne pero fugaz es aquel que mantiene un flujo permanente pero responde a la precipitación con cambios rápidos en su fase de descarga.

En la figura 6.4 se representa en mapa del tipo de flujo del río Tenguel en el se puede verificar que la mayor concentración del tipo de flujo corresponde al tipo intermitente que es coincidente con la orografía, litología y morfología de la zona correspondiente a la parte alta de la cuenca. La representación se indica en la siguiente página.

Figura No 6.4
Mapa del tipo de flujo del Río Tenguel



TIPOS DE FLUJO		
Color	Orden	Flujo
	Primer	Efimero
	Segundo	Perenne fugaz
	Tercer	Perenne fugaz
	Cuarto	Perenne

6.2.5 Mapa del material de lecho

La realización de este mapa tuvo lugar en base a la descripción, explicada en detalle en el Capítulo I: Los cauces de la parte alta de la cuenca se los clasificó como cauce de guijarros o cantos rodados, la parte media como cauce de grava y arena, mientras que para el resto de la cuenca el cauce principal se lo clasificó como cauce de material fino con tamaño variable de limo y arcilla en porcentaje variable y presencia de partículas de roca; esta parte del cauce se ubica en la llanura de inundación y sedimentación.

El cauce de material grueso coincide con los drenajes de orden 1 y orden 2 que son los desarrollados en terreno rocoso de la formación macuchi y que se destruye en forma de bloques y material rocoso de varios tamaños.

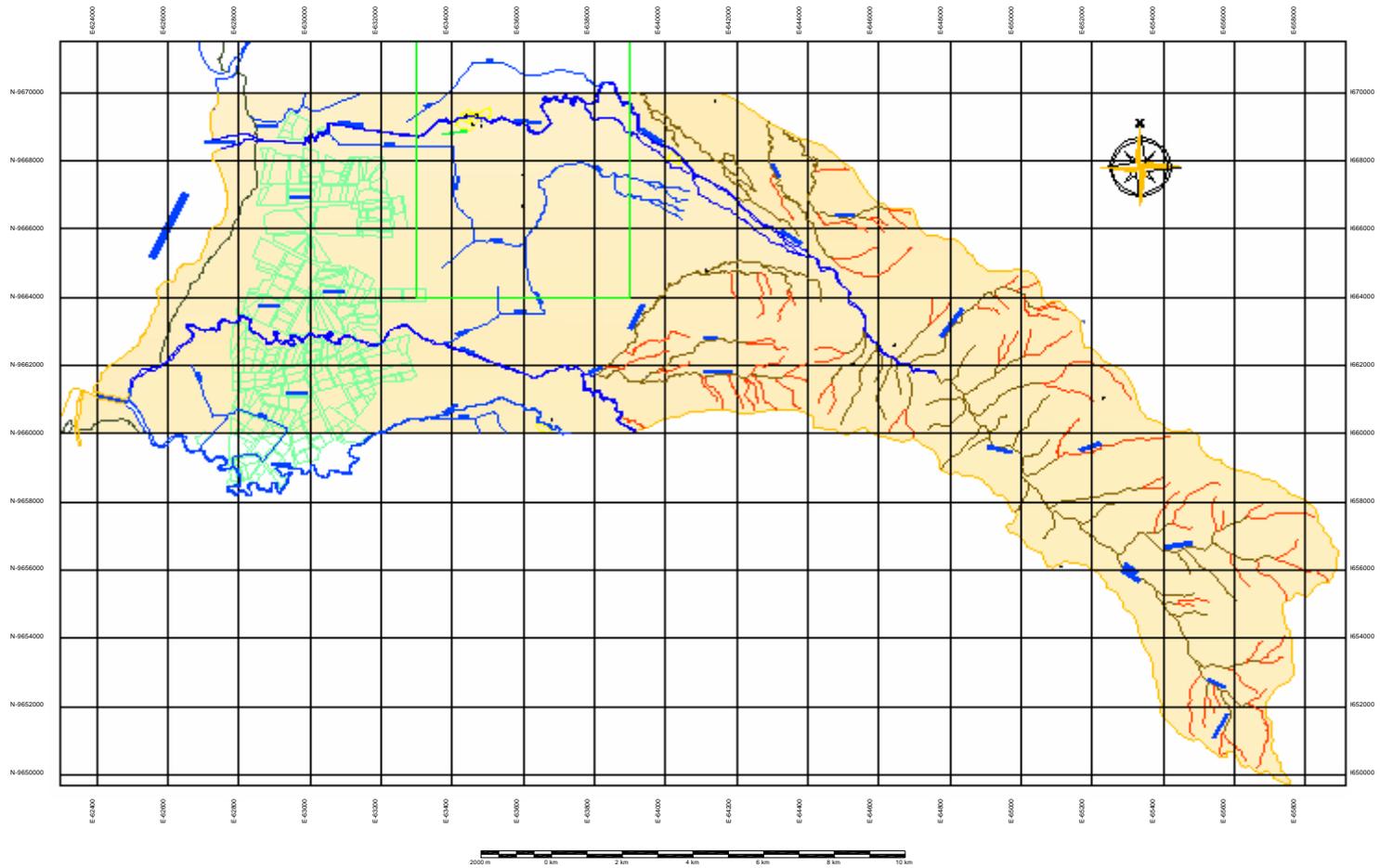
Los cauces de orden 2 en parte y orden 3 son los que se ubican en la terraza aluvial cercana a la cordillera formando el cono de deyección y tienen material más fino como grava y arena de río.

Por ser material de buena calidad, las gravas y arenas del cauce del río son explotados como material de construcción para formar base, subbase y mejoramiento de las vías y caminos de acceso a las fincas y bananeras del sector.

En el tramo determinado como de orden 4 hay material fino en el cauce como son limo y arcilla. Estos materiales han rellenado el cauce y durante el invierno casi no sufren erosión debido a que el río se encuentra en un estado de madures donde prevalece la sedimentación y erosión de los suelos superficiales en la llanura de inundación, donde se encuentran las bananeras objeto del estudio.

En la figura 6.5 se incluye el mapa del material del lecho para el río Tenguel y se puede verificar en la página que sigue.

Figura No. 6.5
Mapa del material del lecho de la cuenca del Río Tenguel.



LEYENDA

- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------|---|--------|
|  | Guijarro o Canto Rodado |  | Limo y Arena Fina |  | Cuenca |
|  | Arena Gruesa o Grava |  | Área de Estudio | | |

6.2.6 Mapa de zonas de pesticidas en los puntos de muestreo – suelo

Para la realización de este mapa se tomo en cuenta los puntos de muestro de suelos y contenido de pesticidas reportados por el laboratorio. En las muestras se determinó la concentración de los plaguicidas utilizados en la agricultura de banano como son: Cis-Clordano, Dieldrin, Beta-endosulfan, P`p-DDT, P`p-DDD, O.p.Dicofol, Profenofos y Malathión.

En la Tabla 6.2 se presenta las concentraciones de los tipos de contaminantes que estos tuvieron en los puntos de muestreo y en los cuales se registraron mediante los ensayos de laboratorio.

Tabla No. 6.2
Resultados de plaguicidas encontrados en muestras de suelo

MUESTRA	PESTICIDAS	RESULTADOS ENCONTRADOS (ppb**)
Suelo M3	Cis-clordano	0,163
	Dieldrin	0,026
	Beta-endosultan	0,020
Suelo M5	P`p-DDT	35,672
	Organofosforados	ND
Suelo M8	Beta-endosultan	0,022
	p`p-DDD	0,015
	Organofosforados	ND
Suelo M9	o.p` Dicofol	0,5421
	Malathion	<100 ppb
Suelo M10	Organoclorados	ND

Fuente: Resultados de Análisis Químicos.

En la figura 6.6 se indica las concentraciones de pesticidas determinadas en las muestras de suelo y que fueron analizadas en el laboratorio del Ministerio de Agricultura, de la ciudad de Quito.

6.2.7 Mapa de las zonas infectadas por pesticidas en el agua de los alrededores del área de estudio

Para la realización de este mapa se tomó en cuenta los puntos en que se encontraron estos plaguicidas y se localizó la zona que probablemente estaría afectada por la presencia de estos químicos. En el mapa de la figura 6.7 se muestra las zonas donde el agua está contaminada con pesticidas.

Los pesticidas que tienen mayor cantidad de químicos contaminantes con respecto a todos los analizados fueron: Lindano, Clorotalonil y Endosulfan sulfato; a continuación se presenta la lista de los contaminantes y las concentraciones que presentaron durante los análisis de laboratorio.

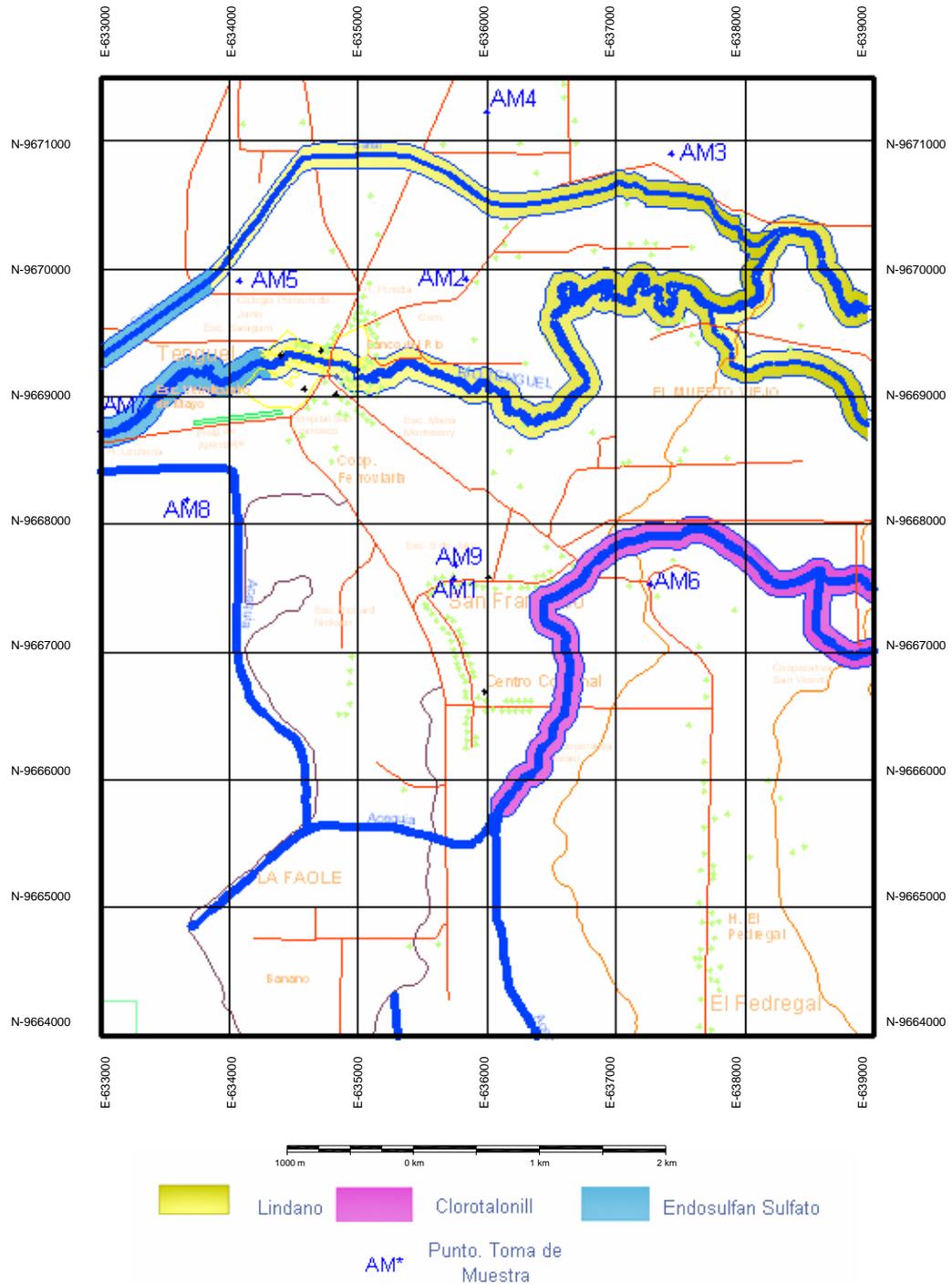
Tabla No. 6.3
Resultados de pesticidas encontrados en las muestras de agua recogidas en la cuenca del Río Tenguel

MUESTRA	PESTICIDAS	RESULTADOS ENCONTRADOS (ppb**)
Agua M1	Lindano	0,014
Agua M3	Lindano	0,020
Agua M4	Lindano	0,014
Agua M5	Lindano	0,019
Agua M6	Clorotalonil	0,006
Agua M7	Endosulfan sulfato	0,021
Agua M9	Lindano	0,322
	Clorotalonil	0,008

Elaborado: Ing. Gastón Proaño con resultados del laboratorio SESA

Figura No. 6.7

Distribución de pesticidas en el agua de los alrededores del área de estudio.



6.2.8 Mapa de suelos en los puntos de muestreo.

La elaboración del mapa se basa en los resultados de los ensayos de granulometría que los Laboratorios de Suelos de la ESPOL y de Mecánica de Suelos y materiales de la Universidad de Guayaquil realizaron con las muestras recogidas en el trabajo de campo.

En dichos ensayos se encontró que la mayor parte de la zona de estudio en la tesis y dentro de la cuenca del Río Tenguel, está constituida por material granular fino, es decir: arena gruesa, arena fina, limo, arcilla y sus mezclas en porcentajes variables.

Para tener una mejor idea de la cantidad en porcentaje que se encontró de estos materiales en cada muestra, a continuación se presenta un resumen de estos resultados.

Tabla No. 6.4

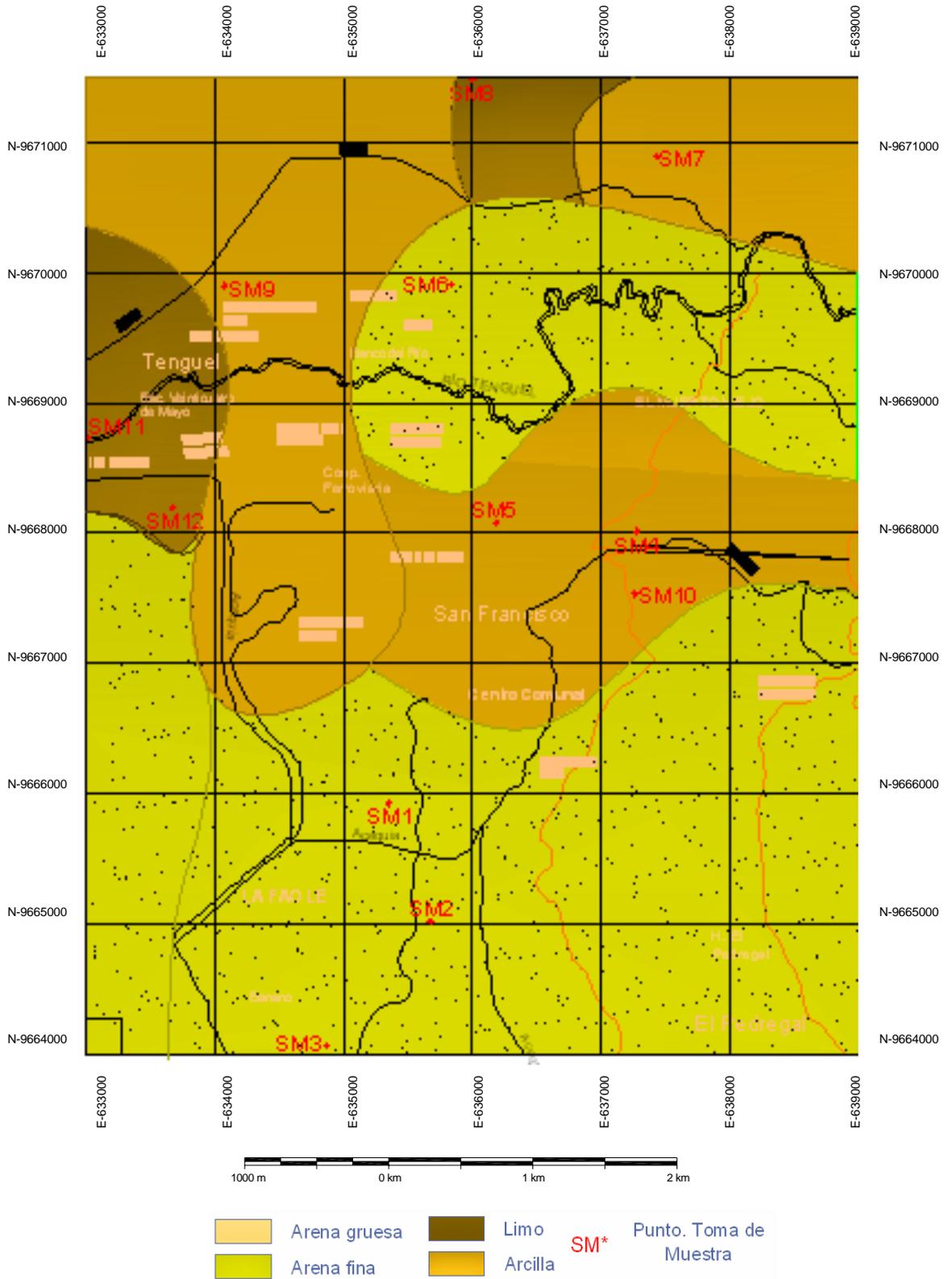
Resultado de los ensayos granulométricos de las muestras de suelo

MUESTRA	% Arena Gruesa	% Arena Fina	% Limo	% Arcilla
Suelo M1	10,6	28,9	24,6	35,9
Suelo M2	4,5	38,9	21,7	34,9
Suelo M3	2	39,1	22,1	36,8
Suelo M4	2,3	14,8	27,3	55,6
Suelo M5	3,3	23,7	20,1	52,9
Suelo M6	1,6	34,3	25,3	38,8
Suelo M7	3,5	12	26,2	58,3
Suelo M8	0,7	2,6	2,6	68,1
Suelo M9	1,7	2,1	21,8	74,4
Suelo M10	11,9	34,9	17,5	35,7
Suelo M11	14,6	25,2	22,4	37,8
Suelo M12	2,0	4,0	24,6	69,4

Elaborado: Ing. Gastón Proaño resultados del laboratorio de suelos UG (análisis de granulometría).

En la tabla se puede verificar que el mayor porcentaje de arena gruesa corresponde al 14%. Arena fina tiene un 35%, limo tiene 26% y arcilla 74%. La arcilla es la de mayor porcentaje al igual que la arena fina y en el mapa se representa con el color amarillo punteada la arena fina y amarilla sin puntos la arcilla.

Figura No. 6.8
Mapa de suelos en los puntos muestreo



CAPÍTULO 7

ESTUDIO ECONÓMICO

7.1 Introducción

El presente proyecto de tesis es un trabajo de fin del programa de maestría en Ingeniería Ambiental y que trata de un tema investigativo de contaminación de suelos y aguas superficiales por el uso de pesticidas agrícolas en las plantaciones de banano de la zona de Tenguel y los gastos comprometidos para su realización incluyen la adquisición de información básica, adquisición de software, trabajo de campo, toma de muestras, ensayos de laboratorio, personal, tiempo de trabajo y otros gastos complementarios.

Dado que el proyecto se refiere al estudio de un área geográfica ubicada en la zona de Tenguel, provincia del Guayas, las muestras de suelo y agua superficial tuvo que ser adquirida en dicha zona. Esta tarea no fue una actividad fácil, ya que se necesitó de personal, medios mecánicos y comunicación vía telefónica, servicio rápido de correo electrónico y viajes en transporte aéreo para llevar las muestras de agua específicamente en cumplimiento de las normativas vigentes para el efecto.

El proyecto se desarrolló en el Departamento de Fotogeología de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, institución que apoya con el 50% del costo del programa y los ensayos físicos de las muestras de suelo, se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la ESPOL y en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de Guayaquil.

Los ensayos químicos de las muestras de agua se efectuaron en el laboratorio de SESA que tiene su sede en el valle de los Chillos en la ciudad de Quito.

En los siguientes numerales se hace una presentación del presupuesto que se utilizó en la realización de esta tesis.

7.2 Presupuesto del estudio

En este proyecto ha participado el siguiente personal:

- Un Doctor en Ingeniería, Director del Proyecto
- Un Ingeniero Geólogo, Autor del Proyecto
- Un Ingeniero, Director de Digitalización de Datos Cartográficos
- Un Digitalizador, Estudiante de Ingeniería Geológica de la ESPOL
- Una Secretaria Ejecutiva/Traductora.

7.2.1 Costos de personal

En lo que sigue se detalla el costo en dólares por hora que se asume recibe el personal anteriormente indicado:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| - Doctor en Ingeniería | 30 dólares/hora |
| - Ingeniero Geólogo | 10 dólares/hora |
| - Ingeniero Digitalizador | 4 dólares/hora |
| - Digitalizador | 2 dólares/hora |
| - Secretaria Ejecutiva/Traductora | 1.5 dólares/hora |

7.2.2 Tiempo dedicado al desarrollo de la tesis

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| - Doctor en Ingeniería | 150 horas |
| - Ingeniero Geólogo | 500 horas |
| - Ingeniero digitalizador | 80 horas |
| - Digitalizador | 80 horas |
| - Secretaria Ejecutiva/Traductora | 500 horas |

7.2.3 Costos Totales del Personal

El coste total del personal se obtiene sumando los valores obtenidos al multiplicar el costo unitario por operario por el tiempo dedicado al desarrollo del proyecto.

- Doctor en Ingeniería Ambiental	4500 dólares
- Ingeniero Geólogo	5000 dólares
- Ingeniero Digitalizador	320 dólares
- Digitalizador	320 dólares
- Secretaria Ejecutiva/Traductora	750 dólares
TOTAL	10.890 dólares

7.2.4 Costos análisis químicos y ensayos físicos

El costo se obtiene sumando los valores parciales que representa el costo de los materiales para recolección de muestras y el costo de Análisis físicos y químicos de laboratorio, desglosados en suelo y agua

1.- Suelo: ensayos físicos

-	
- Material para recoger muestras	
- (fundas, cinta adhesiva y otros)	8 dólares
- herramientas menores (pala, pico)	20 dólares
- Subtotal	28 dólares
- Costo de Análisis en Laboratorio físicos	
- Primera campaña	220 dólares
- Segunda campaña	120 dólares
- Subtotal	340 dólares

2.- Suelo y agua: análisis químicos

Costo de Análisis en Laboratorio	1700 dólares
TOTAL	2068 dólares

7.3 Costos de Recursos Materiales

7.3.1 Adquisición de Material Cartográfico

6 Hojas topográficas (2 dólares cada hoja)	12 dólares
3 Hojas temáticas (8 dólares cada hoja)	<u>24 dólares</u>
TOTAL	36 dólares

7.3.2 Costo de Recursos Informáticos

Para la ejecución del proyecto se utilizó un computador personal en conexión con una mesa digital para el trabajo de digitalización de la base geográfica. Además, un computador para la redacción del informe.

El computador para la digitalización se utilizó durante un mes y para la elaboración del informe se utilizó un computador por ocho meses.

El costo que comprende a este rubro es el siguiente:

Amortización del Equipo de Digitalización	200 dólares
Amortización del Equipo para el Informe	<u>300 dólares</u>
TOTAL	500 dólares

7.3.3 Costo de Material Fungible

Como material fungible se incluye lo siguiente:

- CDs
- Papel de impresora
- Cartucho de tinta para impresora
- Energía para el computador, mesa digital, impresora, aire acondicionado y alumbrado.

Se estima que se ha gastado en material fungible: 50 dólares

El costo total de recursos materiales y fungibles es de: **100 dólares**

7.4 Gastos Varios

En este rubro se incluyen los gastos derivados de matrícula a la Maestría en Ingeniería Ambiental, pasajes aéreos, teléfono, fotocopias, uso del vehículo para el trabajo de campo, etc.

- Pasaje ida y vuelta (Guayaquil – Quito - Guayaquil)	130 dólares
- Transporte	500 dólares
- Teléfono	20 dólares
- Facsímil	20 dólares
- Fotocopias	<u>20 dólares</u>
TOTAL	790 dólares

7.5 Costo Total del Proyecto

Sumando los valores de las partidas anteriores se obtienen el costo total, que a continuación se detalla:

	Dólares (\$)
- Personal	10890
- Análisis de suelo y agua	2068
- Recursos Materiales y Fungibles	636
- Gastos Varios	<u>790</u>
TOTAL	14324 dólares

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Luego de la investigación de la característica litológica, hidráulica, geomorfológica, tipos de suelo y concentración de pesticidas tanto en suelos como en el agua en el área de estudio realizado en la presente tesis, se puede concluir lo siguiente:

- La concentración de los contaminantes derivados del uso de pesticidas encontrados en las muestras de suelo y agua del área de investigación, registran valores bajos.
- Una respuesta lógica a la baja concentración de pesticidas encontrados en la investigación esta relacionada con las propiedades biodegradables de los componentes químicos de los pesticidas de uso actual.
- Influencia del Tipo de suelo en la cuenca sobre la concentración de pesticidas se debe a la granulometría del suelo tiene una relación inversa con la concentración de pesticidas dado que donde hay suelos arcillosos cuyas condiciones físicas no permiten la percolación de los pesticidas, la concentración es baja, en cambio en los suelos arenosos que permiten la infiltración de los pesticidas la concentración es mas alta, es decir a menor tamaño del grano mayor concentración y a mayor tamaño del grano menor concentración de pesticidas.
- En base a los análisis de laboratorio se puede establecer que no existe una relación de la concentración de pesticidas en el agua con la concentración de pesticidas en suelo, dado que los suelos limosos del sector registran un mayor contenido de agua con respecto a los suelos arenosos.
- Las aguas de inundación cubren los terrenos planos y bajos de la cuenca de drenaje del río Tenguel, circulan por los terrenos superficiales y lavan los

compuestos químicos (pesticidas) que se concentran en los suelos del sector donde se desarrollan las plantaciones de banano.

8.2 Recomendaciones

- Existe la necesidad de investigar la calidad de los sedimentos que forman las capas superficiales de los materiales finos localizados en la desembocadura del río y verificar el impacto que puede generar en el medio ambiente del sector, particularmente en el medio acuático.
- Fomentar la investigación del uso de pesticidas en el país con un sistema de monitoreo continuo mediante la recolección de muestras de suelo y agua en periodos previos a la presencia de la estación de invierno.
- Crear un banco de datos en donde se almacenen todas las investigaciones realizadas, con el fin de ayudar a futuros investigadores a realizar trabajos de mayor detalle que el descrito en la presente tesis y no realizar esfuerzos dobles en áreas ya estudiadas.
- Fomentar la investigación conjunta entre instituciones del gobierno, privadas y universidades para optimizar los recursos económicos y los potenciales datos a ser recopilados.
- En esta tesis no se utilizó modelos aplicados en contaminación ambiental de suelos y aguas por uso de pesticidas agrícolas, debido a que los resultados de los análisis químicos no exceden los límites máximos permitidos y en algunos casos no registran la presencia de pesticidas; pero si es necesario hacer uso de modelos que permiten evaluar y predecir el comportamiento del grado de contaminación de los suelos y de las aguas, permitiendo al usuario ver en tercera dimensión la afectación en medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. "Albizzati E., Rossetti G., Alfano O., 2002"
"Mediciones de la radiación solar UVB y predicción de la radiación solar UV eritémica bajo cielos claros y sin nubes" **Artículos AVERMA 6/2002, ISSN 0329-5184.**

2. Apuntes de Curso: "Estimación de lluvias máximas de 0.5 horas a partir de lluvias máximas de 24 horas".
Montoya A,
Guayaquil, 1973

3. Anuarios hidrológicos meteorológicos,
INAMHI
Revista anual
Ecuador

4. Bailey, G.W., Mulkey, L.A. and Swank, R.R. JR., 1985, Environmental implication of conservation tillage: A systems approach. In: F.M. D'ITRI, ed. A systems approach to conservation tillage. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 240-265.

5. "Banana Database"
Guzmán, E; Bonini, J; Matamoros, D; Kiniry J., 2003.
Revista Tecnológica. Vol. 17, No.1.,
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra,
FICT-ESPOL,
Ecuador, Junio 2004

6. "Banco Central-MAG (2004) ".
Proyecto SICA 2004.

7. "Banco Central del Ecuador"
Declaración del presidente del Directorio del Banco Central del Ecuador, Ángel Polibio Córdova. El universo 5 de febrero del 2005

8. Chao-yi Lang, Kriging Interpolation, 2001

9. "Clarification of Soil Texture Class Boundaries"
Benham E., Ahrens R.J., Nettleton W.D.
National Soil Survey Center, USDA-NRCS.
Lincoln, Nebraska, 2001

10. "Computer models of watershed hydrology
Singh, V.P.
Water Resources Publications.
USA, 1995.

11. "Development of a snowfall-snowmelt routine for mountainous terrain for the soil water assessment tool (SWAT)", Fontaine, T.A., Cruickshank, T.S., Arnold, J.G., Hotchkiss, R.H., *Journal of Hydrology*. 2002, vol. 262, p. 209-223.

12. "Diario Guayaquileño El Universo"
Del 2 de Junio del 2007, en su página 8 Producción se hace referencia al mal manejo de los Agroquímicos que realizan los agricultores de nuestro país.

13. EPA, 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods manual. Washington: Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, U.S. Environmental Protection Agency, (Technical report 841-B-97-003)

14. EPA Sediment Sampling Guide (2nd Edition).
Lazarus Government Center P.O. Box 1049 Columbus, Ohio 43216-1049. 35p.

15. "Evaluation of the Tile Flow of the SWAT Model under Different Management Systems".
Ahmad K., Gassman P., Kanwar R.
Department of Economics in its series Staff General Research Papers
Handle: RePEc: isu: genres: 4081.
Iowa State University, Junio 2002.

16. Gómez *et al.* (1996).
17. Handbook of Applied Hydrology.
Chow, V.T.
McGraw-Hill
New York, 1964.
18. Instituto Geográfico Nacional de España, "Modelo Digital del Terreno",
www.mfom.es/ign/geomática/mdt/mdt.htm.
19. La degradación y pérdida de los suelos agrícolas
López, R.
CIDIAT. Mérida, Venezuela. 1995.
20. Matamoros D., Bonini J., Guzmán E., Ramírez G., and Vanrolleghen P. "Using GIS in designing a soil sampling campaign to generate soil maps for an Ecuadorian watershed assessment", 2001.
21. Neitsch S., Arnold J., Kiniry J., Williams J., King K., 2001, "Soil and Water assessment tool User's Manual", version 2000.
22. Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, R., Williams, J.R., King, K.W. 2002. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical documentation. Version 2000*. Temple, Texas: Blackland Research Center and Grassland Soil and Water Research Laboratory.
23. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes
Recurso agua, 2000
24. Organic chemical transport to groundwater. In H.H. Cheng, ed. Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling
Enfield, C.G. and Yates, S.R.
Soil Science Society of America Book Series No. 2, 271-302,
Wisconsin, USA: 1990

25. Physical Hydrology

Dingman, L.

Second edition. Prentice Hall.

New Jersey, 2002.

26. Programa Nacional del Banano - Ministerio de Agricultura y Ganadería. PNB-MAG (2000). Revista de difusión técnica año 2000.

27. Saleh A., Gassman P., Kling C., Julio 2001, "Sny Magill Watershed Modeling Project: Final Report".

28. Saxton K. E., Rawls W.J., Romberger J.S, Papendick R. I., 1986, "Estimating Generalized Soil-water Characteristics from Texture".

29. Stream Stability at highway Structures"

Lagasse, P. F.; Schall, J. D.; [et al.],

Hec 20 2nd edición, 95,

Federal Highway Administration

McLean Virginia, noviembre 1995

30. Texto unificado de la legislación ambiental suplementaria, Diciembre 2002, 2005.

31. The National Soil Survey Center in cooperation with the Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Abril 1996, "Soil Quality Resource Concerns: Compaction"

32. Tippetts Abbett Mearthy Stratton 1982

Subsurface Exploration and Sampling. Chapter 1.13.15

33. USDA-ARS, "Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)", Agricultural Handbook No. 703, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1996.

34. USDA, "Soil Quality Information Sheet"
www.soils.usda.gov/sqi/files/sq_nin_1.pdf.

35. USDA, "Urban Hydrology for Small Watersheds" published by the Engineering Division of the Natural Resource Conservation Service.

36. "Validation of the Subsurface Tile Flow Component in the SWAT
Arnold J., Gassman P., King K., Williams J., Saleh A.



GLOSARIO

A

Absorción Introducción o disminución de una sustancia dentro o a través de otra.

B

Beta-endosulfan Es un insecticida extremadamente peligroso con un historial muy importante de casos de intoxicación aguda

Bifurcación División en dos ramas de igual magnitud.

Biodegradable Capaz de ser descompuesto en sustancias más sencillas por las bacterias.

Bioquímica El estudio químico de los seres vivos, especialmente de la estructura y función de sus componentes químicos específicos

C

Canto rodado Es un fragmento de roca de aristas más o menos redondeadas por acción de agentes naturales, de tamaño comprendido entre 0,4 y 25 cm.

Cauces

Cis-Clordano Está clasificado como cancerígeno posible para seres humanos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cancer

Clorotalonil Fungicida a base de clorotalonil que posee un amplio espectro de control de enfermedades en cultivos frutales, hortalizas, cereales y ornamentales. Es un derivado del benceno que actúa por contacto interfiriendo la función enzimática.

Cohesión Acción y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí o la materia de que están formadas.

Coliformes La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coloides Son partículas muy pequeñas, de 10 a 1000 Angstrom, que no se sedimentan si no son coaguladas previamente. Tienen una carga negativa y fácilmente obstruyen las membranas y los sistemas de ablandamiento y desionización.

Cromatógrafo Un método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una de las cuales constituye la fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (fase móvil) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.

D

Denudación Arranque y acarreo de tierra firme por cualquier agente móvil, lo que tiene lugar siempre que exista diferencia de nivel entre dos zonas de un terreno; sinónimo de erosión

Dieldrin Insecticida organoclorado persistente en el medio ambiente y que se acumula en los organismos.

Drenaje Proceso por el cual el agua es eliminada de una zona a través de los ríos.

E

Ecosistema

Endosulfan sulfato Es un insecticida extremadamente peligroso con un historial muy importante de casos de intoxicación aguda

F

Fumigación Tratamiento curativo a base de vapores o humos en las maderas atacadas por insectos xylophages

G

Gradación Clasificación de los granos por tamaño progresivamente decreciente en los sedimentos detríticos, debida al depósito más rápido de los granos más grandes cuando la corriente de transporte va perdiendo su energía.

Gradiente El cambio de pendiente máximo.

Grava Sedimento constituido en su mayor parte por fragmentos de roca de un diámetro superior a un milímetro, generalmente redondeado.

Guijarro Roca generalmente alisada o redondeada por intemperismo y que puede encontrarse principalmente en cauces fósiles o secos de ríos y arroyos

H

Herbicida Sustancia utilizada para eliminar malezas en campos de producción agrícola.

Higroscópica Humedad Higroscópica. Agua que se encuentra en el suelo pero que no es obtenible por las plantas debido a las fuerzas de tensión superficial elevadas que la retienen

I

Infiltración Acción y efecto de introducir suavemente un líquido entre los poros de un sólido

M

Malathión Es mutagénico, genera anomalías cromosómicas, altera el desarrollo embrional y fetal, es teratogénico, afecta el sistema reproductivo, daña riñón, hígado y otros órganos, es neurotóxico,

Monocultivo Plantaciones de gran extensión con árboles u otro tipo de plantas de una sola especie

Morfología Estudio de la configuración física y el tamaño de un espécimen, planta o animal.

O

O.p.Dicofol Es muy tóxico para organismos acuáticos, altamente bioacumulativo y se degrada lentamente en suelos y sedimentos.

Organoclorado Un Organoclorado es un compuesto químico orgánico, es decir, compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro.

Organofosforado Los organofosforados son un grupo de pesticidas artificiales aplicados para controlar las poblaciones plagas de insectos.

P

P´p-DDD Sus isómeros TDE y DDE están clasificados como cancerígenos posibles para seres humanos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer

P´p-DDT

Pesticida Un pesticida es cualquier sustancia elaborada para controlar, matar, repeler o atraer a una plaga.

Plaguicida Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas para controlar, prevenir o destruir las plagas que afectan a las plantaciones agrícolas.

S

Salinidad Es la concentración de las sales minerales solubles en el agua (principalmente, de los metales como el sodio, magnesio y calcio).

T

Tamizado

Hacer pasar un material por un cedazo muy tupido.

Toxicidad

Propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos.

ABREVIATURAS

ASTM	American Section of the International Association for Testing Materials
CG	Cromatógrafo de Gases
CNRH	Consejo Nacional de Recursos Hídricos
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
ECD	Detector de captura electrónica
FAO	Organización para la Alimentación y la Agricultura
GPS	Global Positioning System
ICP	Información y Consentimiento Previos
IGM	Instituto Geográfico Militar
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IP	Índice de plasticidad
ND	No determinado
NPD	Detector de nitrógeno fósforo
OCT	Organoclorados Totales
OMS	Organización Mundial de la Salud
PNB	Producto nacional bruto
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
PFPD	Detector fotométrico de llama pulsada
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RAQAL	Análisis Químicos Ambientales para América Latina
SESA	Laboratorio de Residuos del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SPE	Servicios Profesionales Especializados
TSD	Sólidos Totales Disueltos
UNITAR	Formación Profesional e Investigaciones

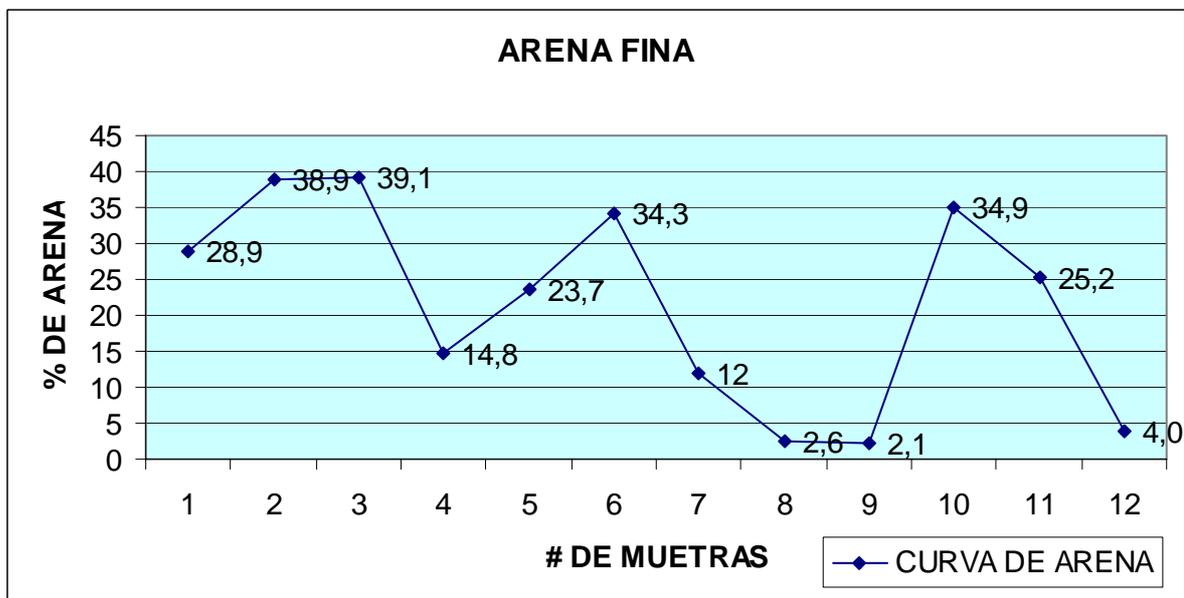
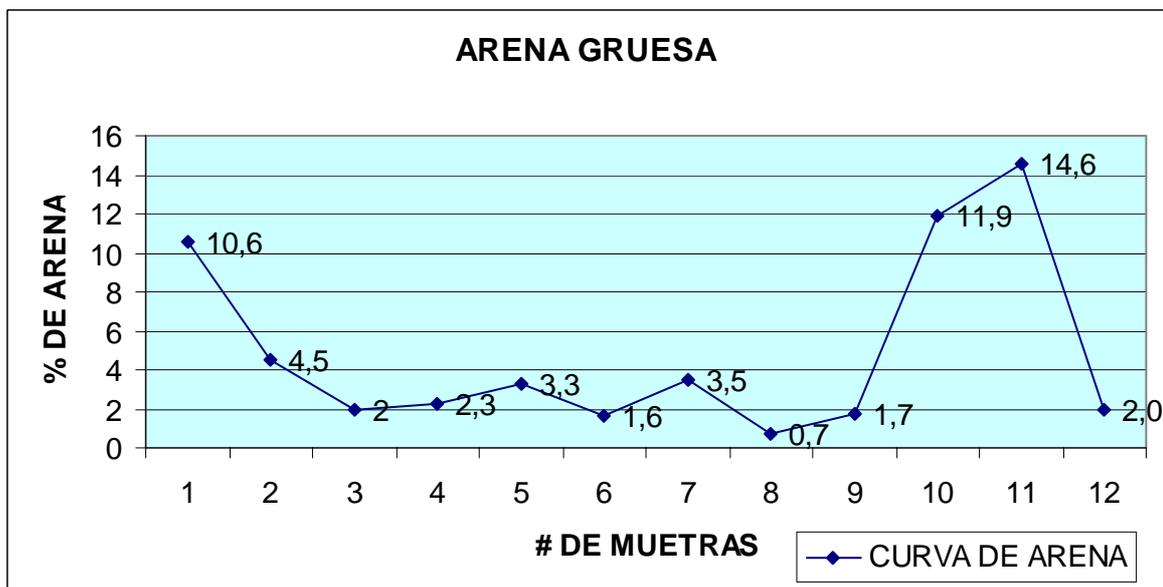
UTM	Universal Transverse Mercator
WL	Límite líquido
WP	Límite plástico

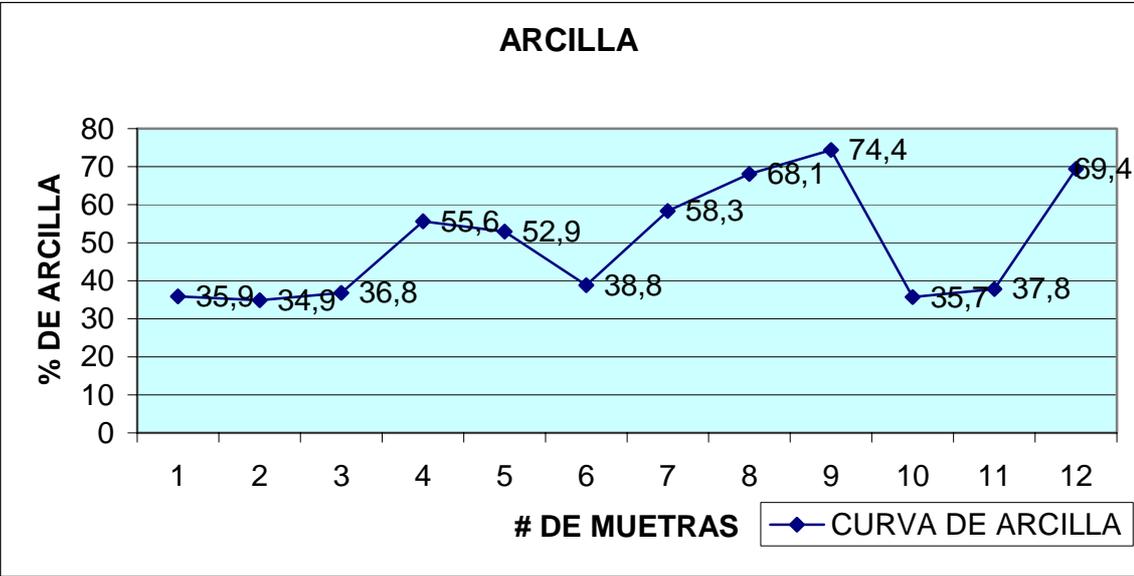
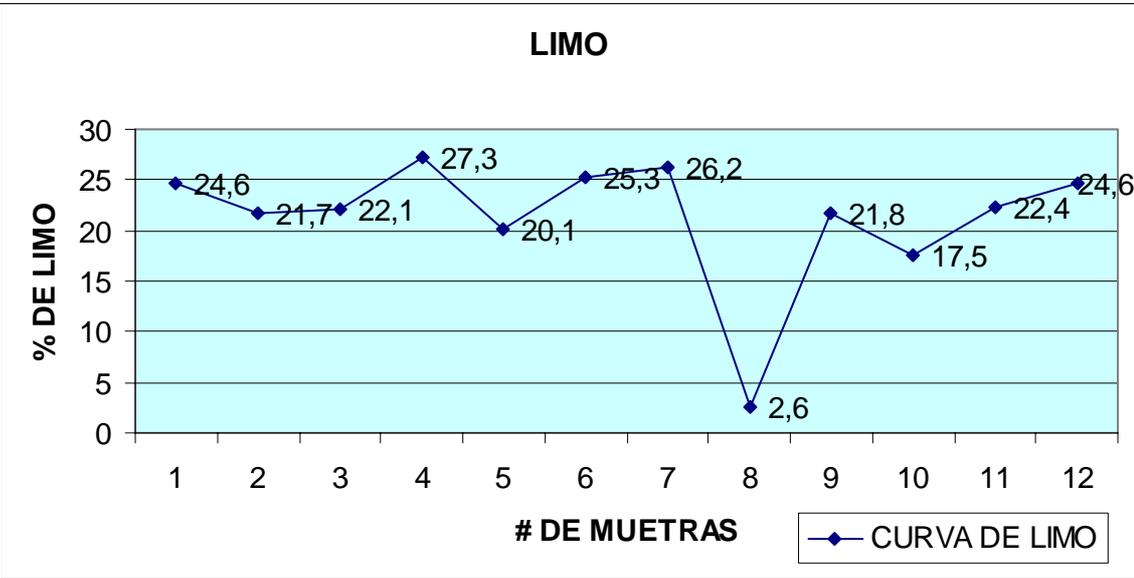
Abreviaturas de Unidades

m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m/s	Metro por segundo
m³/s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
Km²	Kilómetro cuadrado
ha	Hectárea
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
ton	Tonelada
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
t	Tiempo
Q	Caudal
ppm	Partes por millón
ppb	Partes por billón



CURVAS OBTENIDAS DE LOS ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICOS.







ANEXO DE MAPAS

ANEXO FOTOGRAFICO

Fotografía No.1

Químico utilizado por los propietarios de haciendas y fincas asentadas en las riveras de la cuenca del Río Tenguel.



Fotografía No.2

Hacienda Maldonado (San Rafael – Tenguel) uno de los puntos de muestreo de suelo y agua.



Fotografía No.3

Procedimiento que usan los trabajadores de las haciendas para la colocación de los pesticidas agrícolas.



Fotografía No.4

Este proceso de aplicación de lo denominada fumigación terrestre o a la raíz de la planta. Incluso es muy usual para la eliminación de la maleza en las plantaciones de banano.



Fotografía No.5 y 6

Tipos de drenajes que se utilizan en este tipo de plantaciones (banano) para la evacuación de aguas lluvias en épocas de invierno, las cuales llevan consigo los pesticidas disueltos a la intersección de canales que llevan al río.



Fotografía No. 7

Campaña de muestreo. Toma de muestras de suelo de tipo inalterada, recolectadas con el objetivo de determinar la granulometría de los suelos, para lo cual se utilizó el tubo Shelby cuyas dimensiones son de 50 cm. de longitud y 7 cm. de diámetro.



Fotografía No. 8

Para las muestras de tipo alterada se utilizaron sacos de 50 kg. Y fundas plásticas de 2kg. Las cuales sirvieron para ensayos físicos (límites, granulometría) y químicos respectivamente.



Fotografía No. 9

Las muestras de agua se las recolectó en los riachuelos que se forman en los alrededores de las bananeras. Para lo cual se utilizaron envases de vidrio opaco de ½ litro, etiquetados con la fecha y punto de toma de muestra.

