ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.......................................................................................................II

ÍNDICE GENERAL..........................................................................................III

ABREVIATURAS............................................................................................IV

SIMBOLOGÍA..................................................................................................V

ÍNDICE DE FIGURAS....................................................................................VI

ÍNDICE DE TABLAS.....................................................................................VII

ÍNDICE DE PLANOS....................................................................................VIII

INTRODUCCIÓN.............................................................................................1

CAPÍTULO 1

1. ESTUDIO DE SUELOS CON FINES AGRÍCOLAS.....................................2

* 1. Generalidades......................................................................................2
  2. Descripción del Suelo Agrícola............................................................4
     1. Muestreo del Suelo.....................................................................5
     2. El Perfil del Suelo........................................................................5
  3. Evaluaciones Cualitativas.....................................................................7
     1. Estructura....................................................................................7
     2. Espesor.......................................................................................8
     3. Color...........................................................................................8
        1. Evaluación del Color.......................................................10
  4. Evaluaciones Cuantitativas ...............................................................11
     1. Densidad...................................................................................11
     2. Porosidad..................................................................................12
     3. Temperatura.............................................................................12

1.5 Textura del Suelo................................................................................12

CAPÍTULO 2

1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA GEOESTADÍSTICA..............14
   1. Introducción........................................................................................14
   2. Reseña Histórica................................................................................15
   3. Geoestadística....................................................................................18
   4. Análisis de Datos Espaciales..............................................................19
   5. Variable Regionalizada.......................................................................20
   6. Variograma.........................................................................................21
      1. Cálculo del Variograma.............................................................22
      2. Modelos Teóricos del Variograma............................................24

2.7. Anisotropía.........................................................................................28

* 1. Kriging................................................................................................29

2.8.1. Métodos de Estimación del Kriging..........................................31

2.8.1.1.Kriging Ordinario...........................................................31

2.8.1.2. Kriging Simple..............................................................31

2.8.1.3. Kriging de Punto..........................................................32

2.8.1.4. Kriging de Bloque........................................................32

2.8.2. Efecto del Rango en las Estimaciones.....................................33

2.8.3. Efecto del modelo en las Estimaciones....................................33

2.8.4. Efecto del Sill en las Estimaciones...........................................33

2.8.5. Error de Estimación..................................................................34

2.8.6. La Varianza en la Estimación...................................................34

CAPÍTULO 3

1. HERRAMIENTA UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO..36
   1. Introducción........................................................................................36
   2. Tipos de Software...............................................................................36
   3. Descripción de los Software a Utilizar................................................37
      1. Surfer 8.0..................................................................................37
      2. Geoeas 1.2.1............................................................................38

CAPÍTULO 4

1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO (VILLINGOTA -ZAPOTAL).................................................................................................40
   1. Introducción........................................................................................40
   2. La Zona de Estudio Villingota – Zapotal.............................................40
   3. Estudios de Suelos con Fines Agrícolas............................................42
   4. Características Químicas de los Suelos.............................................43
   5. Cultivos...............................................................................................51

CAPÍTULO 5

1. DISEÑO Y RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA........................................53
   1. Introducción........................................................................................53
   2. Descripción de las Variables..............................................................53
      1. Variables Observadas...............................................................54

5.2.1.1.Variables Cualitativas..................................................54

5.2.1.2. Variables Cuantitativas...............................................62

* + 1. Variables de Interés..................................................................65
  1. Método de la Obtención de los Datos.................................................66
     1. Método de Muestreo Aplicado..................................................67

CAPÍTULO 6

1. APLICACIÓN DE LA GEOESTADÍSTICA EN EL SECTOR DE VILLINGOTA – ZAPOTAL.........................................................................68
   1. Introducción........................................................................................68
   2. Análisis Univariado.............................................................................69
      1. Histogramas..............................................................................74
   3. Análisis Bivariado...............................................................................79
      1. Análisis de Dependencia..........................................................79
   4. Análisis Geoestadístico......................................................................82
   5. Interpretación de los Resultados.....................................................145
      1. Niveles de Concentración que posee el Suelo según las Estimaciones.........................................................................146
      2. Tipos de Cultivos Aptos para la Zona de Estudio, según las Características del Suelo......................................................150

CAPÍTULO 7

1. Conclusiones y Recomendaciones..........................................................160

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

# ABREVIATURAS

A Horizonte que contiene MO, como humus

A Arcilla

Agrc. Agricultura.

Ah Acumulación MO descompuesta.

AL Arcillo Limoso

B Horizonte mineral, de acumulación de sustancias lavadas a través del horizonte anterior.

Bt Presencia de cutanes de arcilla en el horizonte B.

Bt1 Posición horizonte Bt (más superficial).

C Conformado por material poco alterado, del que procede la fracción mineral del suelo.

C. E. Conductividad Eléctrica

C. I. C. Capacidad de Intercambio de Cationes.

C1 Posición horizonte C con respecto a superficie del terreno.(más superficial que C2).

C2 Posición horizonte C con respecto a superficie del terreno.

Ca Calcio

cm. Centímetros

Coef. Coeficiente.

Deb. Débilmente

e. d. Es decir

exp Exponencial

F Franco

FA Franco Arcilloso

FAAr Franco Arcillo Arenoso.

FAL Franco Arcillo Limoso

FAr Franco Arenoso

FL Franco Limoso

Fuert. Fuertemente

Ganad. Ganadería

Gr. Gramo

INAMHI Instituto Nacional de Metereología e hidrología

Inter. Interpretación

Interc. Intercambio.

K Potasio

Kg. Kilogramo.

Lig. Ligeramente

Máx. Máximo

Medn. Mediana

Meq. Miliequivalentes

Mg Magnesio

Min. Mínimo

MO Materia Orgánica

Moderadmt. Moderadamente

Mmhos. Millimhos

Na Sodio

p. ej. Por ejemplo

pH Potencial de Hidrógeno

Prom. Promedio

Rang. Rango

TC. Typic Camborthid

TP Typic Paleargid

TT Typic Torriorthent

TTo Typic Torrifluvent

Var. Varianza

VC. Vetic Camborthid

VT Vertic Torrifluvent

SIMBOLOGÍA

% Na Sodio Intercambiable



2γ(h) Variograma

A Horizonte de perfil

a Menor rango de anisotropía

aθ Rango

aΦ Mayor rango de anisotropía

B Horizonte de perfil

C Horizonte de perfil

C1 Escala

Co Efecto Nugget

Fe2O3 Oxido férrico

FeO Oxido ferroso

h Distancia

N(h) Número de pares

R3 Espacio en 3 dimensiones

Rn Espacio n-dimensional

x Punto muestral

Z(x) Variable Regionalizada

*z(x)* Valor de la función en el punto *x*



γ(h) Semivariograma

θ Angulo de dirección

λ Peso asignado

Σ Sumatoria

Φ Angulo de dirección

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.5. Triángulo de Texturas...........................................................13

Figura 2.6. Gráfico de Variograma..........................................................22

Figura 2.6.1. Construcción del Variograma desde Datos Muestrales........23

Figura 2.6.2.1. Gráfico Modelo Esférico........................................................25

Figura 2.6.2.2. Gráfico Modelo Exponencial.................................................26

Figura 2.6.2.3. Gráfico modelo Gaussiano....................................................27

Figura 2.6.2.4. Gráfico Modelo Lineal...........................................................28

Figura 2.7.A. Rosa Elíptica........................................................................29

Figura 2.7.B. Círculo Isotrópico.................................................................29

Figura 2.8.2. Representación Técnica Punto Kriging................................32

Figura 4.2. Gráfico dirección de Vientos.................................................41

Figura 4.2.1. Zona de Villingota – Zapotal.................................................42

Figura 6.4.pH.1. Concentración de pH en cada Unidad de Observación.......83

Figura 6.4.pH.2. Representación del Variograma Exponencial......................84

Figura 6.4.pH.3.Estimaciones del Nivel de pH...............................................85

Figura 6.4.pH.4. Nivel de pH en las Estimaciones.........................................87

Figura 6.4.pH.5. Residuales de las Estimaciones..........................................88

Figura 6.4.pH.6. Desv. Estándar de las Estimaciones...................................89

Figura 6.4.CE.1. Concentración de CE en cada Unidad de Observación......90

Figura 6.4.CE.2. Representación del Variograma Lineal...............................91

Figura 6.4.CE.3. Estimaciones del Nivel de CE.............................................92

Figura 6.4.CE.4. Nivel de CE en las Estimaciones........................................94

Figura 6.4.CE.5. Residuales de las Estimaciones..........................................95

Figura 6.4.CE.6. Desv. Estándar de las Estimaciones...................................96

Figura 6.4.CIC.1. Concentración de CIC en cada Unidad de Observación...97

Figura 6.4.CIC.2. Representación del Variograma Esférico...........................98

Figura 6.4.CIC.3. Estimaciones del Nivel de CE............................................99

Figura 6.4.CIC.4. Nivel de CIC en las Estimaciones....................................101

Figura 6.4.CIC.5. Residuales de las Estimaciones......................................102

Figura 6.4.CIC.6. Desv. Estándar de las Estimaciones................................103

Figura 6.4.MO.1. Concentración de MO en cada Unidad de Observación..104

Figura 6.4.MO.2. Representación del Variograma Lineal............................105

Figura 6.4.MO.3. Estimaciones del Nivel de MO..........................................106

Figura 6.4.MO.4. Nivel de MO en las Estimaciones.....................................108

Figura 6.4.MO.5. Residuales de las Estimaciones.......................................109

Figura 6.4.MO.6. Desv. Estándar de las Estimaciones................................110

Figura6.4.Na.1. Concentración de % Na en cada Unidad de Observación......................................................................111

Figura 6.4.Na.2. Representación del Variograma Esférico..........................112

Figura 6.4.Na.3. Estimaciones del Nivel de % Na........................................113

Figura 6.4.Na.4. Nivel de %Na en las Estimaciones....................................114

Figura 6.4.Na.5. Residuales de las Estimaciones........................................115

Figura 6.4.Na.6. Desv. Estándar de las Estimaciones.................................116

Figura 6.4.K.1. Concentración de K en cada Unidad de Observación........118

Figura 6.4.K.2. Representación del Variograma Esférico............................119

Figura 6.4.K.3. Estimaciones del Nivel de K................................................120

Figura 6.4.K.4. Nivel de K en las Estimaciones............................................122

Figura 6.4.K.5. Residuales de las Estimaciones.........................................123

Figura 6.4.K.6. Desv. Estándar de las Estimaciones...................................124

Figura 6.4.Ca.1. Concentración de Ca en cada Unidad de Observación.....125

Figura 6.4.Ca.2. Representación del Variograma Esférico..........................126

Figura 6.4.Ca.3. Estimaciones del Nivel de Ca............................................127

Figura 6.4.Ca.4. Nivel de Ca en las Estimaciones.......................................129

Figura 6.4.Ca.5. Residuales de las Estimaciones........................................130

Figura 6.4.Ca.6. Desv. Estándar de las Estimaciones.................................131

Figura 6.4.Mg.1. Concentración de Mg en cada Unidad de Observación....132

Figura 6.4.Mg.2. Representación del Variograma Exponencial...................133

Figura 6.4.Mg.3. Estimaciones del Nivel de Mg...........................................134

Figura 6.4.Mg.4. Nivel de Mg en las Estimaciones......................................135

Figura 6.4.Mg.5. Residuales de las Estimaciones........................................136

Figura 6.4.Mg.6. Desv. Estándar de las Estimaciones.................................137

Figura 6.4.BI.1. Concentración de BI en cada Unidad de Observación.......138

Figura 6.4.BI.2. Representación del Variograma Exponencial.....................139

Figura 6.4.BI.3. Estimaciones del Nivel de BI..............................................140

Figura 6.4.BI.4. Nivel de BI en las Estimaciones..........................................142

Figura 6.4.BI.5. Residuales de las Estimaciones.........................................143

Figura 6.4.BI.6. Desv. Estándar de las Estimaciones..................................144

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.4.1. Valores de pH que posee el Suelo..........................................44

Tabla 4.4.2. Valores de Ce que posee el Suelo..........................................45

Tabla 4.4.3. Valores de MO que posee el Suelo.........................................46

Tabla 4.4.4. Valores de CIC que posee el Suelo........................................47

Tabla 4.4.5. Valores de % Na que posee el Suelo......................................48

Tabla 4.4.6. Valores de K que posee el Suelo............................................49

Tabla 4.4.7. Valores de Ca que posee el Suelo..........................................50

Tabla 4.4.8. Valores de Mg que posee el Suelo..........................................51

Tabla 4.5. Cultivos Nativos de la Zona.....................................................52

Tabla 5.2.1.1. Clasificación para la Pendiente...............................................56

### ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Mapa índice de la zona Villingota – Zapotal

Plano 2 Morfopedológico.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre la “Geoestadística Aplicada a la Clasificación de Suelos para Cultivos”, se cuenta con datos del análisis químico, realizado para el suelo de la zona de Villingota – Zapotal, efectuado en el mes de Julio de 1997.

La finalidad de este estudio, es determinar los tipos de cultivos que son aptos para esta zona, utilizando las teorías y técnicas científicas, que componen la Geoestadística.

Este tipo de análisis es realizado con fines agrícolas, ya que tiene el propósito de determinar los niveles de nutrimentos que contiene el suelo y que van a servir como una pauta para la elección de los cultivos.

Teniendo en consideración que el Ecuador es un País Agrícola por naturaleza, se demuestra por medio de este estudio la capacidad que posee el suelo de nuestro País, para poder sembrar un sin numero de cultivos, ya que el suelo cuenta con los recursos necesarios para poder desarrollar las más diversas variedades de cultivos.