



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Instituto de Ciencias Matemáticas**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas  
bananeras del Ecuador”.*

## **PROYECTO DE GRADUACIÓN**

*Previo a la obtención del Título de:*

## **INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

*Presentada por:*

**Patricia Gómez Pérez**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

# AGRADECIMIENTO

Quedan cortas las palabras para expresar todas aquellas sensaciones de gratitud hacia Dios, por el conocimiento, la guía, y la voluntad de superación.

A mi madre, quien con gran sacrificio, junto a mis hermanos, han permitido que haya logrado cumplir esta meta.

Al Ing. Omar Ruíz Barzola y M.SC. Milton Barcos. por su asesoría, que con sus admirables conocimientos, me ofrecieron confianza al ser incondicionales en todo momento.

CIBE-ESPOL (Proyecto FONTAGRO).

# DEDICATORIA

Es un honor poder dedicarles este logro a los seres que forman parte de mi vida, al ser omnipotente, Dios, guiador de mi vida y fuente de inspiración; a mi madre Sra. Rosa Pérez; mis hermanos, William, Víctor y María, quienes siempre han sido un ejemplo de lucha, superación, generosidad y sencillez. Ellos forman parte de mi vida y todos mis éxitos.

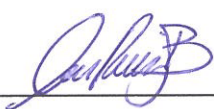
A mis sobrinitos, Axel, Jordán, Karlita, Marcos, Jeremy, Estefanía.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



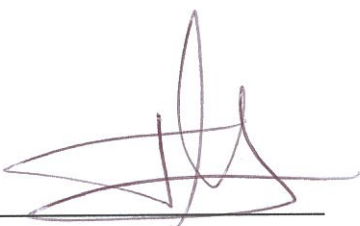
---

**MSc. LUIS RODRÍGUEZ**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

**MSc. OMAR RUÍZ**  
**DIRECTOR DE TESIS**



---

**MSc. SORAYA SOLÍS**  
**VOCAL**

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de éste Proyecto de Graduación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.**" (Reglamento de graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, reading "Patricia Gómez", is written over a horizontal line.

**Rosa Patricia Gómez Pérez.**

## RESUMEN

Debido a que durante todas las épocas del año se rechaza gran cantidad de frutos de plantas perteneciente al género Musa, entre ellos el banano, en el país se ha empezado a investigar cómo aprovechar ese rechazo para favorecer la producción de bioetanol a partir de la biomasa del fruto.

Como un aporte de la estadística en este tema, se realiza el presente proyecto cuyo objetivo es identificar mediante descriptores fisiológicas de las plantas (altura del pseudotallo, área de la hoja, ancho de márgenes del peciolo, longitud del peciolo, proporción de la hoja) aquellos sectores donde existen las plantas que tengan las características que identifiquen alguna variedad que sirva para la producción de bioetanol.

Este análisis se lo realiza utilizando técnicas geoestadísticas, las cuales mediante el ajuste de los semivariogramas a los diferentes modelos de variogramas teóricos, ayudan a obtener mapas de estimaciones (técnica de krigeado) y determinar la probabilidad espacial de cada una de las variables con el fin de hallar variedades de musáceas con las características de interés según sugiere INIBAP, haciendo comparaciones entre los diferentes sectores de estudio. Los datos fueron recopilados entre mayo y julio del año 2009; los sectores de donde se obtuvieron las observaciones son los Cantones Pallatanga, Bucay, Loja y Zaruma.

Finalmente se pudo observar que la variedad limeño (musa acuminata x balbisiana) se da en un área aproximada de  $10.56 \text{ km}^2$ , cercana al sector de Cascajal. En el caso de la variedad maqueño (musa acuminata x balbisiana), existe un área aproximada de  $6.25 \text{ km}^2$ , cercana a la localidad de Suropata donde se puede encontrar este tipo de fruto, y la variedad de banano criollo tiene un área aproximada de  $4 \text{ km}^2$ , en el sector de San Nicolás, todas ellas con las características fisiológicas requeridas para la obtención de biomasa. En Zaruma la variedad guineo común (musa acuminata) se da en un área aproximada de  $14.06 \text{ km}^2$  cercana al sector de Punzara Grande.

# ÍNDICE GENERAL

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| RESUMEN.....                                                         | I   |
| ÍNDICE GENERAL.....                                                  | III |
| ABREVIATURAS.....                                                    | IX  |
| SIMBOLOGÍA.....                                                      | X   |
| ÍNDICE DE CUADROS.....                                               | XI  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                                | XV  |
| INTRODUCCIÓN.....                                                    | 1   |
| <br>CAPITULO UNO                                                     |     |
| 1.1. GENERALIDADES ECONÓMICAS .....                                  | 3   |
| 1.1.1. La economía y el banano en Ecuador .....                      | 3   |
| 1.2. PRINCIPALES SECTORES PRODUCTORES.....                           | 4   |
| 1.2.1. Distribución de Sectores donde se cultivan las Musáceas ..... | 4   |
| 1.2.2. Condiciones ambientales para la producción .....              | 5   |
| 1.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS .....                                | 7   |



|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1.3.1. Clasificación .....                              | 7  |
| 1.3.2. Variedades de Banano .....                       | 9  |
| 1.4. PROPORCIONES DE RECHAZO DE BANANO EN ECUADOR ..... | 10 |
| 1.4.1 Rechazos anuales de banano. ....                  | 10 |
| 1.5. COMBUSTIBLES BIOLÓGICOS .....                      | 10 |
| 1.5.1. Biocombustibles .....                            | 10 |
| 1.5.2. Bioetanol .....                                  | 11 |
| 1.6. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL .....                      | 11 |
| 1.6.1. Materiales.....                                  | 11 |
| 1.6.2. Materiales biológicos .....                      | 12 |
| 1.6.4. Elaboración de Bioetanol .....                   | 13 |

## CAPITULO DOS

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                       | 14 |
| 2.1. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL ANÁLISIS ..... | 15 |
| 2.2. MUESTREO .....                                     | 15 |
| 2.3. ELEMENTOS DE MUESTREO .....                        | 16 |
| 2.3.1. Población Objetivo .....                         | 16 |
| 2.3.2. Marco muestral.....                              | 16 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.3. Muestra .....                                                                 | 17 |
| 2.4. MUESTREO DIRIGIDO .....                                                         | 17 |
| 2.5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (GIS) .....                                   | 17 |
| 2.6. GEOESTADÍSTICA .....                                                            | 18 |
| 2.6.1. Datos geoposicionados .....                                                   | 18 |
| 2.6.2. Variable regionalizada .....                                                  | 20 |
| 2.7. ANÁLISIS EXPLORATORIO O MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL<br>ANÁLISIS DE DATOS ..... | 21 |
| 2.7.1. Análisis Descriptivo .....                                                    | 21 |
| 2.7.2. Análisis Inferencial .....                                                    | 22 |
| 2.8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL O VARIOGRAMA EXPERIMENTAL .....                            | 23 |
| 2.8.1. Componentes del Variograma .....                                              | 23 |
| 2.8.2. Cálculo del variograma .....                                                  | 25 |
| 2.8.3. Variable Estacionaria .....                                                   | 26 |
| 2.8.4. Isotropía y anisotropía .....                                                 | 26 |
| 2.8.5. Tipos de Anisotropía .....                                                    | 27 |
| 2.8.6. Variograma Cloud .....                                                        | 28 |
| 2.8.7. Mapa de variograma. ....                                                      | 29 |
| 2.9. OTRAS TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS .....                                            | 29 |
| 2.9.1. Correlogramas y Covariogramas .....                                           | 29 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.9.2. Covariogramas .....                                   | 30 |
| 2.9.3. Correlograma .....                                    | 31 |
| 2.10. MODELAMIENTO ESPACIAL O TIPOS DE VARIOGRAMAS .....     | 32 |
| 2.10.1. Modelos Acotados.....                                | 33 |
| 2.10.2. Modelos no Acotados .....                            | 35 |
| 2.11. MODELAMIENTO Y PREDICCIONES ESPACIALES .....           | 37 |
| 2.11.1. Kriging .....                                        | 37 |
| 2.11.2. Tipos de Kriging Lineales y sus características..... | 37 |
| 2.11.3. Kriging Ordinario .....                              | 37 |
| 2.11.4. Kriging Simple .....                                 | 39 |
| 2.11.6. Kriging Universal .....                              | 40 |

## CAPITULO TRES

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES .....                             | 42 |
| 3.2. LOCALIDADES INVESTIGADAS .....                                 | 45 |
| 3.2.1. Ubicación Geográfica de Pallatanga- Bucay y Zaruma-Loja..... | 46 |
| 3.2.2. Características generales de las localidades .....           | 47 |
| 3.2.3. Distribución de las variedades de musáceas por región. ....  | 48 |
| 3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS .....                                     | 51 |

## CAPITULO CUATRO

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                        | 52 |
| 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS. ....                  | 54 |
| 4.1.1. Estadística Descriptiva: Pallatanga - Bucay .....  | 55 |
| 4.1.2. Estadística Descriptiva: Zaruma – Loja .....       | 75 |
| 4.2. PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV .....                 | 87 |
| 4.2.1. Variables de las localidades Pallatanga-Bucay..... | 88 |
| 4.2.2. Variables de las localidades: Zaruma- Loja .....   | 89 |

## CAPITULO CINCO

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO .....                                       | 91  |
| 5.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA LA LOCALIDAD: PALLATANGA –<br>BUCAY ..... | 92  |
| 5.2.2. Variable: Área de la hoja. ....                                   | 100 |
| 5.2.3. Variable: Longitud del Peciolo.....                               | 105 |
| 5.2.4. Variable: Altura del Pseudotallo. ....                            | 110 |
| 5.2.5. Variable: Proporción de la hoja. ....                             | 115 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.4 Clasificación y localización espacial de musáceas en Pallatanga –Bucay..... | 120 |
| 5.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA LA LOCALIDAD: ZARUMA – LOJA.....                   | 122 |
| 5.3.1. Variable: Altura del Pseudotallo.....                                      | 125 |
| 5.3.2. Variable: Proporción de la hoja.....                                       | 130 |
| 5.3.3. Variable: Longitud del peciolo.....                                        | 135 |
| 5.3.4 Clasificación y localización espacial de musáceas en Zaruma – Loja.....     | 139 |
| CONCLUSIONES.....                                                                 | 142 |
| RECOMENDACIONES.....                                                              | 144 |
| BIBLIOGRAFÍA                                                                      |     |

## ABREVIATURAS

|                 |                                                        |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| CIBE            | Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. |
| cm              | Centímetros.                                           |
| CO <sub>2</sub> | Carbono.                                               |
| Corr            | Correlación.                                           |
| Cov             | Covarianza.                                            |
| CV              | Coeficiente de Variación.                              |
| Exp             | Exponencial.                                           |
| Gauss           | Gaussiano.                                             |
| GIS             | Sistema de Información Geográfico.                     |
| Lag.            | Distancia constante de incremento entre muestras.      |
| Long.           | Longitud.                                              |
| M.              | Musáceas.                                              |
| m.              | Metros.                                                |
| mm.             | Milímetros.                                            |
| m.s.n.m         | Metros sobre el nivel del mar.                         |
| n               | Tamaño de elementos que conforma la muestra.           |
| N               | Tamaño de elementos que conforma la población.         |
| No              | Número.                                                |
| PIB             | Producto Interno Bruto.                                |
| RIC             | Rango Intercuartil.                                    |
| SADA            | Análisis Espacial y Ayuda de Decisión.                 |
| Sph             | Esférico.                                              |
| Ton.            | Tonelada.                                              |
| Var             | Varianza.                                              |

## SIMBOLOGÍA

|                            |                                                                 |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| %                          | Porcentaje.                                                     |
| °C                         | Grados centígrados.                                             |
| $\mu$                      | Media poblacional.                                              |
| Nugget ( $C_0$ )           | Efecto pepita                                                   |
| Sill ( $C_0+C_1$ )         | Meseta, valor donde se estabiliza el variograma.                |
| Rango (a)                  | Alcance                                                         |
| $X_{np}$                   | Observación elegida en la localidad n, de la variable p.        |
| $R^d$                      | Espacio con d-dimensiones.                                      |
| $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ | Variograma Experimental o Semivariograma.                       |
| P                          | Coeficiente de correlación.                                     |
| h                          | Distancia entre lags.                                           |
| $N_p(h)$                   | Cantidad de pares que existen en una determinada distancia h.   |
| $\lambda_i$                | Pesos proporcionales usados en la técnica de krigeado.          |
| $Z(X_i)$                   | Variable en función de un punto geográfico y su característica. |
| $\lambda_i$                | Valor proporcional de las observaciones muestreadas.            |

## ÍNDICE DE CUADROS

|            |                                                                                                                    |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 2.1 | Esquema general de datos geoposicionados.....                                                                      | 19 |
| Cuadro 2.2 | Modelo de la función Variograma y sus componentes....                                                              | 24 |
| Cuadro 2.3 | Tipos de Anisotropía.....                                                                                          | 28 |
| Cuadro 2.4 | Modelos de variogramas acotados.....                                                                               | 33 |
| Cuadro 2.5 | Modelos de variogramas no acotados.....                                                                            | 35 |
| Cuadro 2.6 | Variograma Pepita puro.....                                                                                        | 36 |
| Cuadro 3.1 | Ubicación de los sectores investigados.....                                                                        | 46 |
| Cuadro 3.2 | Sectores y variedades de Musáceas en Pallatanga-Bucay.....                                                         | 49 |
| Cuadro 3.3 | Sectores y variedades de Musáceas en Zaruma-Loja.....                                                              | 50 |
| Cuadro 4.1 | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable Ancho del margen del peciolo en Pallatanga-Bucay.....              | 55 |
| Cuadro 4.2 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable Ancho del margen del peciolo en Pallatanga-Bucay..... | 57 |
| Cuadro 4.3 | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable Área de la hoja en Pallatanga-Bucay.....                           | 59 |
| Cuadro 4.4 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable Área de la hoja en Pallatanga-Bucay.....              | 61 |
| Cuadro 4.5 | Tabla e Histograma de Frecuencia la variable longitud del peciolo en Pallatanga-Bucay.....                         | 63 |
| Cuadro 4.6 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable longitud del peciolo en Pallatanga-Bucay.....         | 65 |



|             |                                                                                                             |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 4.7  | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable altura del pseudotallo en Pallatanga-Bucay.....             | 67 |
| Cuadro 4.8  | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable altura del pseudotallo en Pallatanga-Bucay.... | 69 |
| Cuadro 4.9  | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable proporción de la hoja en Pallatanga-Bucay.....              | 71 |
| Cuadro 4.10 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable proporción de la hoja en Pallatanga-Bucay..... | 73 |
| Cuadro 4.11 | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable altura del pseudotallo en Zaruma-Loja.....                  | 75 |
| Cuadro 4.12 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable altura del pseudotallo en Zaruma-Loja.....     | 77 |
| Cuadro 4.13 | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable longitud del peciolo en Zaruma-Loja.....                    | 79 |
| Cuadro 4.14 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable longitud del peciolo en Zaruma-Loja.....       | 81 |
| Cuadro 4.15 | Tabla e Histograma de Frecuencia de la variable proporción de la hoja en Zaruma-Loja.....                   | 83 |
| Cuadro 4.16 | Estadística descriptiva y diagrama de cajas para la variable proporción de la hoja en Zaruma-Loja.....      | 85 |
| Cuadro 5.1  | Estacionariedad de las variables en los sectores Este y Sur en las localidades Pallatanga – Bucay.....      | 92 |
| Cuadro 5.2  | Distribución espacial de los datos para las localidades Pallatanga – Bucay.....                             | 93 |
| Cuadro 5.3  | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable Márgenes del peciolo.....                        | 95 |
| Cuadro 5.4  | Mapa de estimaciones para la variable Márgenes del peciolo.....                                             | 97 |

|             |                                                                                        |     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 5.5  | Mapa de probabilidades para la variable Márgenes del peciolo.....                      | 99  |
| Cuadro 5.6  | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable área de la hoja.....        | 100 |
| Cuadro 5.7  | Mapa de estimaciones para la variable área de la hoja.....                             | 102 |
| Cuadro 5.8  | Mapa de probabilidades para la variable área de la hoja.....                           | 104 |
| Cuadro 5.9  | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable longitud del peciolo.....   | 105 |
| Cuadro 5.10 | Mapa de estimaciones para la variable longitud del peciolo.....                        | 107 |
| Cuadro 5.11 | Mapa de probabilidades para la variable longitud del peciolo.....                      | 109 |
| Cuadro 5.12 | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable altura del pseudotallo..... | 110 |
| Cuadro 5.13 | Mapa de estimaciones para la variable altura del pseudotallo.....                      | 112 |
| Cuadro 5.14 | Mapa de probabilidades para la variable altura del pseudotallo.....                    | 114 |
| Cuadro 5.15 | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable proporción de la hoja.....  | 115 |
| Cuadro 5.16 | Mapa de estimaciones para la variable proporción de la hoja.....                       | 117 |
| Cuadro 5.17 | Mapa de probabilidades para la variable proporción de la hoja.....                     | 119 |
| Cuadro 5.18 | Mapa de localidades de las variedades de interés en Pallatanga-Bucay.....              | 120 |

|             |                                                                                                      |     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 5.19 | Estacionariedad de las variables en los sectores Este y Sur en las localidades Pallatanga-Bucay..... | 122 |
| Cuadro 5.20 | Distribución espacial de los datos para las localidades Zaruma-Loja.....                             | 123 |
| Cuadro 5.21 | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable altura del pseudotallo.....               | 125 |
| Cuadro 5.22 | Mapa de estimaciones para la variable altura del pseudotallo.....                                    | 127 |
| Cuadro 5.23 | Mapa de probabilidades para la variable altura del pseudotallo.....                                  | 129 |
| Cuadro 5.24 | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable proporción de la hoja.....                | 130 |
| Cuadro 5.25 | Mapa de estimaciones para la variable proporción de la hoja.....                                     | 132 |
| Cuadro 5.26 | Mapa de probabilidades para la variable proporción de la hoja.....                                   | 134 |
| Cuadro 5.27 | Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable longitud del peciolo.....                 | 135 |
| Cuadro 5.28 | Mapa de estimaciones para la variable longitud del peciolo.....                                      | 137 |
| Cuadro 5.29 | Mapa de probabilidades para la variable longitud del peciolo.....                                    | 139 |
| Cuadro 5.30 | Mapa de localidades de las variedades de interés en Zaruma-Loja.....                                 | 140 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|           |                                                                                   |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.1 | Clasificación de sectores productores de banano en siete zonas.                   | 4  |
| Tabla 1.2 | Clasificación científica de tres tipos de musáceas para elaboración de bioetanol. | 8  |
| Tabla 3.1 | Provincias de los sectores analizados.                                            | 47 |
| Tabla 3.2 | Variedades de Musáceas localizadas en los sectores de estudio.                    | 48 |
| Tabla 4.1 | Prueba de Kolmogorov – Smirnov para las variables en Pallatanga – Bucay.          | 88 |
| Tabla 4.2 | Prueba de Kolmogorov – Smirnov para las variables en Zaruma – Loja.               | 89 |

## **INTRODUCCIÓN**

Ecuador es uno de los principales exportadores y productores del género musáceas y actualmente el primer exportador de banano y plátano en el mundo [13].

En todo proceso de producción existen pérdidas de productos que no cumplen con los estándares de calidad requeridos, para el caso de los bananos los que no están aptos para su exportación o consumo en el exterior se lo denomina rechazo.

Debido al gran porcentaje de rechazo que se produce y a la necesidad de la elaboración de algún tipo de combustible menos contaminante para el ambiente, se ha desarrollado un combustible natural denominado biocombustible.

Esta investigación pretende identificar las localidades en las que se sitúan las variedades de musáceas no comerciales y que sirven como fuente para la obtención de fruto que pueda ser considerado potencial materia prima para la elaboración de bioetanol; esto se lo realiza mediante la recopilación de datos geográficamente identificados. Las variables de interés son los descriptores fisiológicos de la planta según lo establecido por el INIBAP. Para ubicar las zonas donde se tengan las características de interés se aplicaron las técnicas Geoestadísticas; mediante ajustes a variogramas teóricos que indican la distancia en la que están correlacionadas espacialmente dos

observaciones y la técnica de estimación espacial krigado se crearon mapas que indiquen las localidades con una determinada característica de interés de una región. El análisis se realizó en las Cantones Pallatanga, Bucay, Loja, Zaruma, los datos fueron recopilados en los meses de mayo y junio del año 2009.

Los frutos pertenecientes al género *musa* hallados en los cantones (Pallatanga, Bucay, Zaruma, Loja) son de la especie *M. acuminata* (banano, orito), *M. balbisiana* (plátano) [19].

## **CAPITULO UNO**

### **1.1. GENERALIDADES ECONÓMICAS**

#### **1.1.1. La economía y el banano en Ecuador**

En el Ecuador los mayores productores del cultivo de banano, para exportación o consumo dentro del país, se encuentran en las siguientes Provincias: Guayas, El Oro, Los Ríos.

Como primer productor está Guayas con un 30% de la producción total de la región, seguido de El Oro y Los Ríos con un 31%, y en cantidades menores en la Sierra, específicamente en Cañar y Cotopaxi, sin dejar de mencionar a Esmeraldas localizado en la Región Costa [13].

Las exportaciones y el negocio de la producción de banano inicia en los años 40. Como parte de la economía del país, los ingresos que se han obtenidos por esta actividad constituyen un 2% del PIB y un 16% del PIB agrícola (2003).

El banano es una de las principales fuentes de ingreso por exportación en Ecuador, después del petróleo, con un 39% del total de los productos que son exportados a los diferentes mercados mundiales [13].

En total existen 1'915.045 de personas que sobreviven mediante esta actividad, siendo para ellos la principal fuente de sustento, de manera directa e indirecta [13].

## 1.2. PRINCIPALES SECTORES PRODUCTORES

### 1.2.1. Distribución de Sectores donde se cultivan las Musáceas

La producción bananera se encuentra distribuida de norte a sur en siete zonas de la costa ecuatoriana, las que abarcan las siguientes localidades

[Tabla 1.1, 14]:

| <p><b>Tabla 1.1</b></p> <p><i>Clasificación de sectores productores de banano divididos en siete zonas.</i></p> |                 |                    |                          |                             |                  |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------|
| 1. Zona Norte                                                                                                   | 2. Zona Central | 3. Zona Subcentral | 4. Zona Oriental Milagro | 5. Zona Oriental El Triunfo | 6. Zona Naranjal | 7. Zona Sur Machala |
| Pichincha                                                                                                       | Quevedo         | Pueblo Viejo       | Naranjito                | El Triunfo                  | Naranjal         | Santa Rosa          |
| Quinindé                                                                                                        | Los Ríos        | Urdaneta           | Milagro                  | La troncal                  | Balao            | Arenillas           |
| Esmeraldas                                                                                                      | La Maná         | Ventanas           | Yaguachi                 | Santa Rosa                  | Tenguel          | Guabo               |
| Santo Domingo                                                                                                   | Cotopaxi        | Balzar             |                          |                             |                  | Pasaje              |
|                                                                                                                 |                 |                    |                          |                             |                  | Machala             |
| Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.                                                           |                 |                    |                          |                             |                  |                     |

La **tabla 1.1** Muestra las zonas productoras de banano para la comercialización dentro y fuera del país, sin embargo en la zona Norte y



Central este cultivo dejó de ser la actividad agrícola más importante, ya que existe localmente otro tipo de actividad.

A pesar de lo mencionado anteriormente en muchos de estos sectores se han analizado diferentes variedades de Musáceas que pueden servir para la producción de bioetanol, considerando como las zonas más productivas y en las cuales se concentra las preferencias de exportación, las siguientes: la *Zona Naranjal* y la *Zona Sur Machala*.

### **1.2.2. Condiciones ambientales para la producción**

Ecuador tiene dos épocas climáticas en el año denominadas como época lluviosa (Diciembre a Abril) y época seca (Mayo a Noviembre).

Cada uno de estos períodos tienen sus ventajas y desventajas; en el caso de la temporada lluviosa existen problemas para los agricultores debido a la humedad, lo que implica índices elevados de enfermedades que afectan a los cultivos, en muchos casos les ocasiona pérdidas a la producción.

Sólo cuando las lluvias descienden en cantidades normales causan beneficios para los productores al permitir el riego moderado hacia las plantaciones, en la época seca la producción es afectada en especial a aquellos que no tienen solvencia para el riego de las plantaciones y empiezan a depender de las lluvias y siendo ventajoso sólo los tres primeros meses del año cuando existen precipitaciones normales.

El clima ecuatoriano depende de la Región, ya sea Costa o Sierra que son las dos principales regiones en las que se produce las musáceas. Esta diferencia de clima se debe a la altura que existe entre regiones respecto al nivel del mar; la primera región es de clima cálido y generalmente está en condiciones soleadas, la segunda es la Sierra y este clima es más frío.

Las condiciones ambientales en las que se debe cultivar las plantaciones de las diferentes variedades de musáceas dependen del clima y del riego. Se debe tomar en cuenta la temperatura y la cantidad de precipitaciones sobre el área de sembrío; la temperatura debe ser superior a los 18°C e inferior a 35°C para que no exista ningún tipo de inconveniente en el tiempo de crecimiento del fruto, ya que al no darse estas condiciones habría pérdidas de carácter monetario [13].

En el caso de que existan temperaturas inferiores a las especificadas existe un tiempo tardío en la cosecha del alimento y si las temperaturas superan al máximo especificado se debe tener en consideración la cantidad de agua que se le debe proporcionar a las plantaciones. En caso de no ser obtenida mediante las lluvias se la debe realizar mediante riego, es decir que las plantaciones de las variedades de banano no deben carecer de la cantidad promedio de agua que es necesaria para el normal crecimiento de la fruta y que el tiempo de ser cosechados no sea aplazado.

Las plantaciones requieren una cantidad de 44 mm semanales de agua de riego o de lluvia [13].

### **1.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS**

#### **1.3.1. Clasificación**

Debido a la gran variabilidad existente en el género *Musa*, la forma estructural y sabor de la fruta han variado o se han adaptado de acuerdo a los gustos o preferencias exigidos por los consumidores, teniendo un conjunto de opciones para degustar de este alimento.

Como todo organismo existente en la naturaleza tiene una clasificación jerárquica, según la escala biológica, definiendo a una **especie** como cada grupo que en su conjunto conforman el *género* que son capaces de reproducirse y crear descendencia. En consecuencia el **género** es el conjunto de especies, en el cual se clasifican las diferentes entidades que tiene la especie; está ubicado en la tabla jerárquica entre la especie y la familia [15].

En la **tabla 1.2** se hace referencia a la clasificación de tres especies de Musas como son [6]: Banano, Plátano y Banano orito, debido a la importancia actual de estos cultivos.

**Tabla 1.2**

***Clasificación científica de tres tipos de musáceas para elaboración de bioetanol.***

| Clasificación científica |                |                |               |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------|
|                          | Banano         | Plátano        | Orito         |
| <b>Reino:</b>            | Plantae        | Plantae        | Plantae       |
| <b>División:</b>         | Magnoliophyta  | Magnoliophyta  | Magnoliophyta |
| <b>Clase:</b>            | Liliopsida     | Liliopsida     | Liliopsida    |
| <b>Orden:</b>            | Zingiberales   | Zingiberales   | Zingiberales  |
| <b>Familia:</b>          | Musaceae       | Musaceae       | Musaceae      |
| <b>Género</b>            | Musa           | Musa L         | Musa L        |
| <b>Especie</b>           | M. paradisiaca | M. cavendishii | M. acuminata  |

**Fuente:** Cheesman, E.

### 1.3.2. Variedades de Banano

En el país existen diversas variedades de musáceas, entre las principales, que son producidas se mencionan las siguientes:

El primer grupo en producción en Ecuador es **Cavendish** el cual incluye a ocho tipos de musáceas (williams), seguidas por el grupo **Gross Michel**.

En la variedad **Gross Michel** la mayoría de su producción es usada para la exportación, el fruto es conocido como **guineo de seda o plátano de seda**.

Los tipos que conforman las siguientes variedades son las menos usuales en comparación con el prototipo ya conocido como el de Gross Michel, sin embargo el sabor que ellos conservan es igual de agradable como el Cavendish.

Entre los ocho tipos más comunes en Ecuador que conforman el grupo Cavendish están: **Williams, Filipino, Poyo, Valery, Robusta, Giant cavendish, Cavendish enano, Grand nain**. Siendo Williams el más importante por tener mayor área de producción en Ecuador.

En general comparado con las otras variedades, la planta de *Gros Michel* es mucho más alta que los diferentes tipos que conforman al Cavendish.

*Gros Michel* tiene de 6 a 8 metros de pseudotallo, mientras que el más común del grupo de Cavendish es Williams que puede medir entre 2 y 3 metros de altura [13].

La variedad que más se produce en el país es Cavendish. En este año se ha exportado **203.642.072** cajas de 18.14 kg (hasta el mes de septiembre).

El ingreso por exportación es de \$1.099.667,19.

#### **1.4. PROPORCIONES DE RECHAZO DE BANANO EN ECUADOR**

##### **1.4.1 Rechazos anuales de banano.**

Se ha determinado que existe una gran cantidad de banano que es rechazado durante el año, el estudio se lo realizó a 112 lugares, ubicados en la Región costa, en los cuales se cultivan banano e indican que en promedio el valor de banano que es rechazado cada año es aproximadamente de un 14% del total de 2.323.040 ton/año producidos en los diferentes sectores para los cuales se realizó la investigación, cuyo valor monetario es de \$881,15 por hectárea anuales [13].

#### **1.5. COMBUSTIBLES BIOLÓGICOS**

##### **1.5.1. Biocombustibles**

Biocombustible se lo considera al “combustible natural” obtenido a partir de algún recurso renovable, presente en la naturaleza, en el caso específico consideramos los productos como banano y plátano que son

conseguidos mediante los rechazos del fruto que no sirven para la exportación, este tipo de biocombustibles tiene como función combinarse con los carburantes, obtenidos a partir de los derivados del petróleo, y de esta manera cumplir con funciones similares como las de hacer trabajar motores de automóviles.

### **1.5.2. Bioetanol**

Debido a la contaminación que generan los combustibles derivados de petróleo se ha creado un combustible que es amigable con el ambiente, ya que los otros emiten  $\text{CO}_2$ , y esto produce que los gases se queden en la atmósfera y aporten al problema del efecto invernadero.

El término biocarburantes o biocombustibles, está reservado a los carburantes líquidos derivados de la biomasa, en sus dos formas: Biodiesel, para mezclar o sustituir los gasóleos de locomoción en los motores Diesel, y Bioetanol para mezclar o sustituir a las gasolinas en los motores [17].

## **1.6. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL**

### **1.6.1. Materiales.**

En las investigaciones que se han hecho en Ecuador, uno de los sitios donde se han realizado estudios para la fabricación de bioetanol es el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, el cual usa dos

tipos de materiales biológicos y microorganismos para la elaboración del mismo.

A continuación se indican la “materia prima” que se necesita para el proceso de fabricación:

### **1.6.2. Materiales biológicos**

- Levaduras
- Bio-masa ( Banana y Plátano)
- Agua

### **Microorganismos**

- **Bacterias**
  - *Zymomonas mobilis*
  - *Clostridium acetobutylicum*
  - *Klebsiella oxytoca*
  - *Escherichia coli*
- **Levaduras**
  - *Saccharomyces cerevisiae*
  - *Pichia stipitis*
  - *Pachysolen tannophilus*
  - *Candida shehate*



### **1.6.3. Elaboración de Bioetanol**

En la elaboración del bioetanol, a partir de la biomasa del fruto(plátano o banano), empieza con la trituración de la misma, posteriormente se requiere de fermentar el producto, al final se requiere de la separación de agua y etano, a este último proceso se lo conoce como destilación.

## **CAPÍTULO DOS**

### **INTRODUCCIÓN**

El rápido crecimiento del uso de las diferentes técnicas estadísticas en las variadas ciencias existentes, en especial en aquellas que involucran el estudio del comportamiento social y científico del ser humano, ha permitido a los investigadores o personas interesadas en estudiar a involucrarse más en las investigaciones y de esta manera ser más dependiente de la ciencia y de las técnicas que proporciona la Estadística. Esto se debe a que mucho de los resultados obtenidos dan paso a generar nuevos estudios de vital interés, cuyos descubrimientos son un importante aporte en los diferentes campos en los que hayan sido aplicados.

Desde la perspectiva ambiental se está investigando, mediante las diferentes variedades de musáceas, cual es la que tiene mayor porcentaje de alcohol que es usado para la elaboración de bioetanol, en esta investigación se pretende estudiar las localidades en las que se sitúan la materia prima que son las variedades de musáceas, esto se lo realiza mediante la recopilación de datos espaciales, lo que crea la necesidad de aplicar la llamada ciencia Geoestadística. Para esto se debe tener un amplio conocimiento que sustente todos los análisis que se realicen y bajo qué criterios se los establecen. Es por eso que en este capítulo se mencionan todas las técnicas usadas y los supuestos que se efectúan para análisis de la variable que involucra el estudio de la Geoestadística.

## **2.1. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL ANÁLISIS**

A continuación se citan los métodos que se usan para la recopilación de datos previos al análisis, los cuales son necesarios para obtener resultados. Estos son descritos detalladamente.

## **2.2. MUESTREO**

En la mayoría de las situaciones, independientemente del tipo de análisis que se quiera realizar o los diferentes estudios a establecer, es muy difícil e incluso imposible poder estudiar a todos los elementos que son motivo de investigación. Esto se debe a que muchas veces la Población Objetivo (población a la que pertenecen o a la que se involucra a todos los entes motivo de investigación) es de tamaño grande o infinita, lo que indica que por razones de recursos ya sean económicos, logísticos, humanos o de tiempo, no hay posibilidad de estudiarlos a todos. Debido a éstas y otras razones es que se seleccionan aleatoriamente un subconjunto de elementos pertenecientes a la población, las cuales son seleccionadas mediante las diferentes técnicas de muestreo que tiene la Estadística.

Es una técnica que involucra un proceso matemático, y establece la manera en que se realiza la selección de los elementos que conforman la muestra y el número de entidades presentes en ella.

Esta técnica que forma parte de la estadística, determina una cantidad de elementos que es representativa para conocer diferentes características

que requieran ser estudiadas y que son referentes a una determinada *población o población objetivo*.

Existen varios tipos de muestreo; todo depende de la elección que el investigador desee realizar y del tipo de estudio que se necesite analizar.

Es necesario dar énfasis al *Muestreo aleatorio simple*, *Muestreo por estratos*, *Muestreo sistemático*, que son las técnicas aplicadas para el caso del proyecto.

## **2.3. ELEMENTOS DE MUESTREO**

### **2.3.1. Población Objetivo**

Al tener un esquema de algún problema planteado, se debe conocer cuáles son todas aquellas unidades, que serán motivo de la investigación. A todo este conjunto de entes se las define como población objetivo.

Para el caso del proyecto, cumple con esta característica todas aquellas variedades de musáceas que se encuentran localizadas en las regiones: Pallatanga-Bucay, Zaruma - Loja, del territorio ecuatoriano.

### **2.3.2. Marco muestral**

Son todos aquellos mapas, registros, bases de datos, donde se representan las unidades de investigación, que constituyen la población

objetivo. Este tipo de representación permite que estas unidades puedan ser localizadas; el *Marco muestral* generalmente se lo utiliza cuando en un estudio investigativo existen grandes cantidades de entidades y más aún si aquellas se encuentran distribuidas en diferentes localidades.

### **2.3.3. Muestra**

Se llama de esta manera a un subconjunto que ha sido seleccionado de una determinada población (población objetivo).

## **2.4. MUESTREO DIRIGIDO**

“Es un tipo de muestreo no aleatorio, en donde la muestra dirigida está constituida por una parte de la población que el investigador considera representativa del universo. Si la característica es homogénea, la representatividad de la muestra puede ser satisfactoria” [4].

## **2.5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (GIS)**

Es la integración de hardware, y software que incluye aquellos que almacenan datos de carácter espaciales, tales como las coordenadas o cualquier posicionamiento geográfico respecto a la variable o entes que se analicen con la finalidad de procesar estos datos y convertirla en información que el investigador requiera, mediante un proceso y análisis.

## **2.6. GEOESTADÍSTICA**

Es una combinación de dos ciencias tales como: la Estadística y Geografía que conjuntamente con el uso de técnicas informáticas (software especializado en posicionamiento geográfico) se realiza estudios, estimaciones ó predicciones de variables y su comportamiento en el espacio.

El análisis geoestadístico consta de cuatro etapas:

- i) Análisis exploratorio (estadística tradicional)
- ii) Análisis estructural (variograma experimental)
- iii) Modelamiento espacial
- iv) Estimaciones

### **2.6.1. Datos geoposicionados**

Dado que se tienen una o más variables que son de interés en una investigación, independientemente del tipo de variable (continua o discreta); se desea conocer cómo influye el comportamiento de dicha variable en diferentes localidades, para determinar este comportamiento se debe establecer la ubicación espacial de las diferentes observaciones correspondientes a las variables en estudio. A este conjunto de datos que

involucran coordenadas de posicionamiento se los denomina *Datos geoposicionados* (Latitud y Longitud).

| <p><b>Cuadro 2.1</b><br/> <b>Esquema general de datos geoposicionados.</b></p> |                          |                          |          |          |   |   |          |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|---|---|----------|
| <i>Sitio</i>                                                                   | <i>Latitud<br/>Norte</i> | <i>Longitud<br/>Este</i> | $X_1$    | $X_2$    | . | . | $X_p$    |
| <i>1</i>                                                                       | —                        | —                        | $x_{11}$ | $x_{12}$ | . | . | $x_{1p}$ |
| <i>2</i>                                                                       | —                        | —                        | $x_{21}$ | $x_{22}$ | . | . | $x_{2p}$ |
| <i>3</i>                                                                       | —                        | —                        | $x_{31}$ | $x_{32}$ | . | . | $x_{3p}$ |
| <i>4</i>                                                                       | —                        | —                        | $x_{41}$ | $x_{42}$ | . | . | $x_{4p}$ |
| .                                                                              | —                        | —                        | .        | .        | . | . | .        |
| .                                                                              | —                        | —                        | .        | .        | . | . | .        |
| .                                                                              | —                        | —                        | .        | .        | . | . | .        |
| <i>n</i>                                                                       | —                        | —                        | $x_{n1}$ | $x_{n2}$ | . | . | $x_{np}$ |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia – Depto. Estadística

- **n:** Cantidad total de localidades muestreadas.
- **p:** Número total de variables investigadas.
- **$X_{np}$ :** Observación elegida en la localidad  $n$ , y que pertenece a la variable  $p$ .

Se puede citar como ejemplos la incidencia de plantaciones afectadas en varios puntos de una determinada localidad, el número de personas, en

diferentes sectores, que han sido infectadas por algún virus causante de una determinada enfermedad, entre otros.

### **2.6.2. Variable regionalizada**

Generalmente se la define como  $\mathbf{Z}(\mathbf{x})$ ; en donde  $\mathbf{Z}$  es la variable que posee una característica de interés, y la representación de  $\mathbf{x}$  es un punto geográfico, obtenido mediante las coordenadas geográficas (Latitud y Longitud); este punto es la ubicación donde se ha seleccionado dicha variable.

Se la define como un proceso estocástico con dominio contenido en un espacio  $d$ -dimensional  $\mathbb{R}^d$ ,  $\{Z(x): x \in D \subset \mathbb{R}^d\}$ . Si  $d = 2$ ,  $Z(x)$  puede asociarse a una variable medida en un punto  $x$  del plano [5].



## 2.7. ANÁLISIS EXPLORATORIO O MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

### 2.7.1. Análisis Descriptivo

Luego de haber obtenido los datos de interés y previo a cualquier investigación que involucre la estadística, se tiene que conocer cuál es el comportamiento de cada una de las variables que se estudian, en esta parte de la Estadística se analizan las medidas de tendencia central y medidas de dispersión.

Entre las principales medidas de tendencia las más comunes:

- **Medidas de tendencia central:** *Media aritmética (promedio), Mediana, Moda.*
- **Estadísticos de orden:** *Cuartiles, Deciles, Centiles.*
- **Otras medidas:** *Sesgo, Kurtosis.*
- **Medidas de dispersión:** *Varianza, Rango, Rango Intercuartil, Covarianza, Coeficiente de Variación.*

Uno de los supuestos que efectúa la Geoestadística es el de no tener *datos extremos* o también conocidos como *aberrantes*, los cuales se los determinan mediante diagramas de cajas (considerando todos aquellos que se encuentren “fuera” del 1.5 Rango Intercuartil) que forma parte de la

estadística descriptiva; en el caso de que existan este tipo de datos puede existir desventajas al momento de realizar interpolaciones entre dos puntos geoposicionados.

### **2.7.2. Análisis Inferencial**

Dentro de este análisis comprende una gran gama de técnicas que conforman la estadística, por esta razón se ha dado prioridad a las que son empleadas para el caso del proyecto y el tipo de análisis que se pretende realizar. En la aplicación de la Geoestadística es necesario demostrar la “normalidad” de las variables investigadas, esto es que las variables sigan patrones de una distribución normal, lo que exige cumplir este supuesto es el uso de variogramas para el estudio de datos geográficos.

Para demostrar esta condición se usa el análisis denominado *Bondad de ajuste*, el cual indica que a partir de una muestra aleatoria se determina de qué tipo de población ha sido seleccionado, además se debe especificar los valores de los parámetros [1].

## 2.8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL O VARIOGRAMA EXPERIMENTAL

El variograma es una técnica de la geoestadística, que analiza el comportamiento de las variables espaciales, esto es el “acentuado” posicionamiento geográfico que tienen los datos respecto a un determinado sector, y la distancia a la que una determinada observación es afectada por otra en una característica en particular.

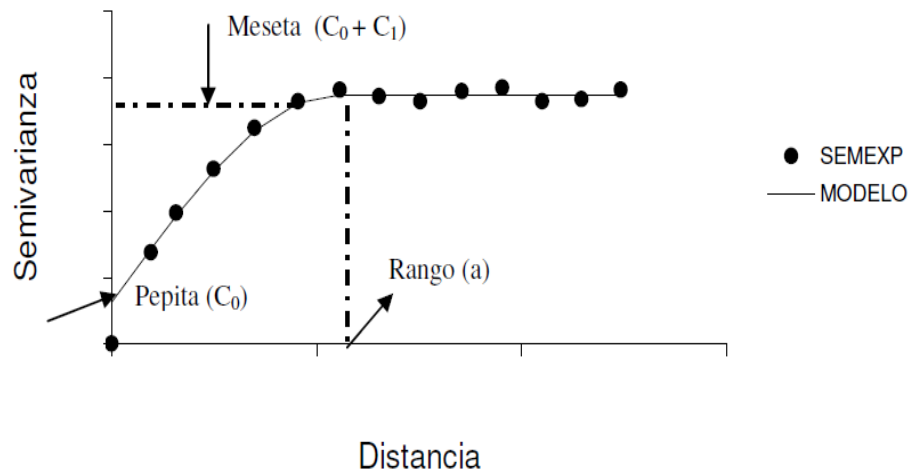
Establece la correlación entre dos puntos en el espacio, por esta razón exige la estacionariedad. Para esto relaciona a una distancia  $h$  (lag) y una dirección.

La función que representa el *Variograma experimental* o *Semivariograma*, se la denota como  $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ , esto es una estimación de la varianza respecto a la población, ya que generalmente lo que se analiza es la muestra que ha sido elegida, a partir de una población.

### 2.8.1. Componentes del Variograma

En el cuadro **2.1** se indica el modelo general de la función  $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$  (donde  $\mathbf{h}$  es la distancia que existe entre dos puntos que están localizados en el espacio), aquí se muestran todos los elementos que la conforman, aunque no siempre estos componentes estarán presentes en el variograma, depende de cómo se encuentran “distribuidos” los datos y de la manera en que se lo puede aproximar a algún otro tipo de variograma, que más adelante serán mencionados en su clasificación.

**Cuadro 2.2**  
**Modelo de la función Variograma y sus componentes.**



Fuente: Universidad Nacional de Colombia – Depto. Estadística

- La discontinuidad que se presenta en el eje vertical es conocida como **Efecto Nugget ó Pepita ( $C_0$ )**. Esto indica que existe una perturbación en el modelo que no ha sido explicado, debido a que se involucran otras variables que no son consideradas por el investigador o simplemente no se las puede controlar, a lo que se le considera como “error” en el modelo. A medida que disminuya la distancia del *efecto nugget* el modelo será más explicativo.
- Se define como **Sill ( $C_0 + C_1$ )** o también conocido como **Meseta** al valor para la cual la función del variograma empieza a ser constante

en cualquier punto  $h$  (distancia) que este obtenga. Además es el estimador del parámetro poblacional llamado varianza.

- El **Rango (a)** es el valor inicial que toma  $h$  cuando la función variograma empieza a ser constante. Este valor también indica las distancias a las que las observaciones que conforman la variable son afectadas por alguna característica.
- El valor que es representado por  $C_1$ , se lo denota como **Escala**.

### 2.8.2. Cálculo del variograma

En el capítulo más que enfocarse en el variograma teórico, se va a dar énfasis al llamado *Variograma Experimental* debido a que se estudian datos a partir de una muestra representativa de la población.

Esto indica que se analiza la estimación del variograma teórico que es representado como  $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ .

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(x_i) - z(x_i + \mathbf{h})]^2 \quad (2.1)$$

$N(\mathbf{h})$  = Es la cantidad de pares calculados entre los puntos que se encuentran a una distancia  $h$ .

$X_i$  = Es la  $i$ -ésima observación de las variables geográficas.

**h** = Es la distancia que se encuentra entre dos puntos que representan una ubicación geográfica.

A la ecuación 2.1 se la denota como el valor estimado del variograma teórico, que es igual a la sumatoria de las distancias entre dos puntos elevados al cuadrado.

### **2.8.3. Variable Estacionaria**

Para la aplicación de las diferentes técnicas de geoestadística, entre ellas el variograma se debe cumplir el supuesto de *variable estacionaria*, esto es que el comportamiento de la variable que es investigada debe tener un valor constante de la media respecto a los diferentes puntos en que se la analice, es decir, que no debe existir ningún tipo de tendencia, ya sea negativa o positiva, o de otra manera se puede determinar si es estacionaria, si la media toma el mismo valor para todas las direcciones (latitud o longitud).

### **2.8.4. Isotropía y anisotropía**

Se tienen un conjunto de datos que representan una característica, estos han sido relacionados a una determinada localidad, mediante la ubicación geográfica de los mismos; si el comportamiento de este conjunto de datos es el mismo para las diferentes direcciones espaciales se dice que poseen una características *Isotrópica*, pero si no es similar en las diferentes direcciones entonces el variograma es de característica *Anisotrópica*.

La manera en que se identifica si un variograma es *Isotrópico* o *Anisotrópico* y el tipo de Anisotropía que existe, es mediante el *Mapa del Variograma Experimental*.

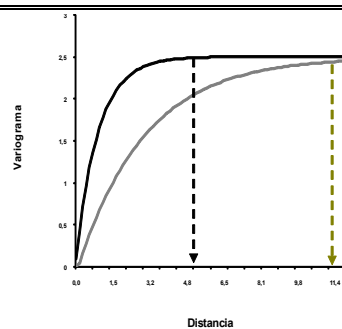
#### 2.8.5. Tipos de Anisotropía

- **Anisotropía Geométrica:** Existen variaciones en el rango de la función variograma, para las diferentes direcciones espaciales, pero el *sill* es el mismo para todas las direcciones.
- **Anisotropía Zonal:** Este tipo de anisotropía es contraria a la de tipo Geométrica, ya que en el variograma experimental, para las diferentes direcciones espaciales, este tiene el mismo rango; pero diferentes valores del sill.
- **Anisotropía Híbrida:** Para el caso de que no se dé ninguno de los fenómenos anisotrópicos, que se han mencionados en los párrafos anteriores, existe la de tipo híbrida que indica que para direcciones diferentes tanto el rango como el sill, tienen diferentes valores en el variograma.

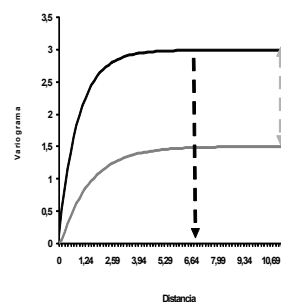
**Cuadro 2.3**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

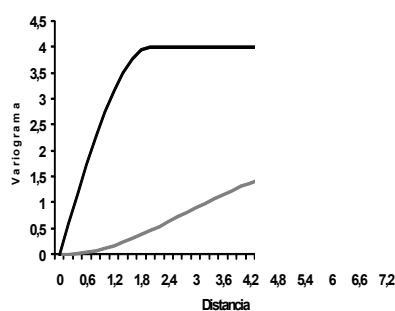
***Tipos de Anisotropía.***



**Geométrica**



**Zonal**



**Híbrida**

**Fuente:** Universidad Nacional de Colombia – Depto. Estadística

### 2.8.6. Variograma Cloud

Técnica que permite reconocer los valores atípicos que están presentes en el variograma o semivariograma, además indica como es la distribución de los datos en la localidad de estudio, a partir de las respectivas latitudes y longitudes.



### **2.8.7. Mapa de variograma.**

Es un método gráfico que permite determinar la existencia o ausencia de *Anisotropía* en el comportamiento de una o varias variables de interés. Mediante este método se puede conocer hacia donde están direccionadas las observaciones.

## **2.9. OTRAS TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS**

### **2.9.1. Correlogramas y Covariogramas**

Estas son técnicas de geoestadística, que cumplen la misma función del variograma, que es la de estudiar comportamientos espaciales, la diferencia que existe entre estas técnicas, es que en el Correlograma y Covariograma se necesitan conocer ciertos parámetros referentes a la población, tales como la media y la varianza, o en su defecto se requieren realizar estimaciones para los parámetros poblacionales, ya que en los correspondientes cálculos se involucran estos parámetros, en cambio en el variograma sólo se necesitan conocer los datos y su posicionamiento geográfico y a partir de aquello realizar los correspondientes cálculos y análisis.

A partir de las fórmulas estadísticas ya conocidas, como es el caso de las que se usan para el cálculo de las covarianzas y correlación entre dos variables, se estiman los *correlogramas y covariogramas*, en los cuales se

relaciona las variables regionalizadas y una distancia ( $h$ ), distancia para los diferentes puntos entre las observaciones.

Todas las funciones estudiadas en el presente capítulo (semivariograma, covariograma, correlograma), se las analizan mediante el supuesto de estacionariedad.

### 2.9.2. Covariogramas

La función Covariograma se la deduce, a partir de la fórmula (2.2), que sirve para calcular el valor de la covarianza entre dos variables, en el covariograma se analiza a la variable, en diferentes puntos.

#### Fórmula: Cálculo de la Covarianza

$$Cov(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \mu) (y - \mu)}{n} \quad (2.2)$$

$$Cov(z(x + h), z(x)) = \frac{\sum_{i=1}^n (z(x + h) - \mu) (z(x) - \mu)}{n} \quad (2.3)$$

Los valores  $n$ ,  $\mu$  respectivamente, representan el número de pares de observaciones a una distancia  $h$ , y el valor medio, respectivamente, referente a la población para las observaciones de la variable en estudio.

### 2.9.3. Correlograma

Como las diferentes funciones de la geoestadística, el correlograma es denotado, a partir de una función estadística; en este caso la función de correlación, que indica la relación lineal entre dos variables.

#### Fórmula para el cálculo de la Correlación

$$\rho_{x, y} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{S_x S_y} \quad (2.4)$$

$$\rho_h = \frac{\text{Cov}(z(x+h), z(x))}{S_{x+h} \cdot S_x} = \frac{C(h)}{S_x^2} \quad (2.5)$$

En los tres métodos geoestadísticos (semivariograma, covariograma, correlograma) se establece el siguiente criterio; que a menor distancia entre las localidades mayor correlación espacial existe entre las observaciones. Por esta razón en presencia de autocorrelación se espera que para valores de  $h$  pequeños el semivariograma experimental tenga magnitudes menores a las que este toma cuando las distancias  $h$  se incrementan [3].

## 2.10. MODELAMIENTO ESPACIAL O TIPOS DE VARIOGRAMAS

Existen varias clases de variogramas cuyas gráficas se asemejan, respecto al comportamiento que siguen las observaciones (evaluadas mediante la fórmula (2.1) para obtener el valor del variograma) a las ya conocidas funciones Estadísticas u otras de tipo matemática.

Entre los más conocidos modelos se tienen:

De manera general los modelos teóricos de semivarianza, que constan de *sill*, *rango*, *efecto nugget*, se clasifican en dos tipos [2]:

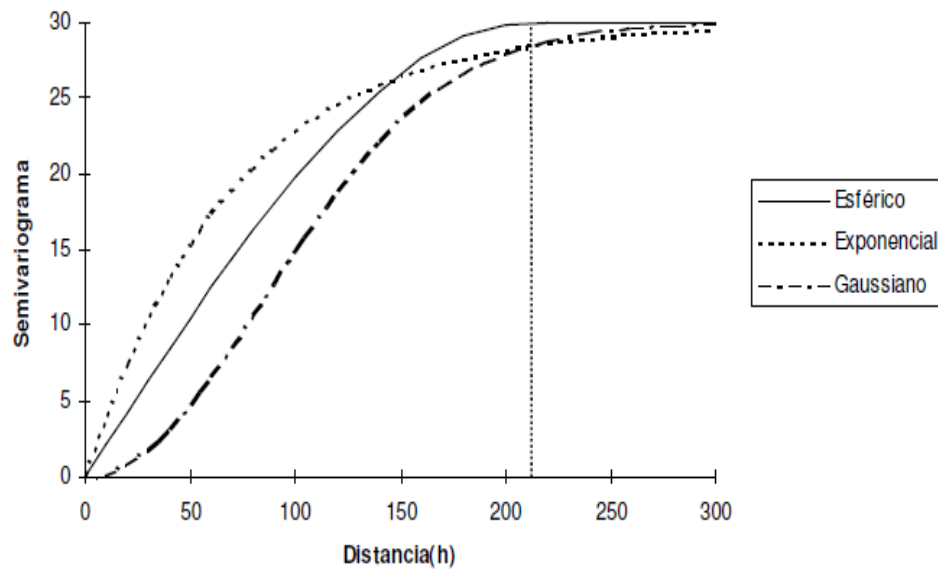
- **Acotados:** Esférico, Exponencial, Gaussiano.
- **No Acotados:** Lineal, Logarítmico, Potencial.

### 2.10.1. Modelos Acotados

**Cuadro 2.4**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Modelos de Variograma acotados.**



Fuente: Universidad Nacional de Colombia – Depto. Estadística

#### Modelo Esférico

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left( \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right) & h \leq a \\ C_0 + C_1 & h > a \end{cases}$$

El tipo de modelo esférico, a diferencia de los otros, empieza hacerse constante en un punto aproximado de  $h$ , en donde ya no presenta ningún

incremento, inicialmente crece de manera constante entre todos los puntos de la distancia o los valores que toma  $h$ .

### **Modelo Exponencial**

Este tipo de modelo acotado tiene un rápido incremento hasta llegar al punto donde existe la presencia de una meseta, cuyo comportamiento empieza hacerse constante. A medida que la distancia  $h$  incrementa la curva empieza a “suavizarse”.  $C_1$  representa el valor de la meseta,  $a$  el rango, y  $h$  la distancia.

“El valor del rango es igual a la distancia para la cual el semivariograma toma un valor de 95% de la meseta” [3].

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left( 1 - \exp\left(\frac{-3h}{a}\right) \right)$$

### **Modelo Gaussiano**

La curva de la función tiene una estabilización infinita, es decir que tiene un incremento, de manera más tardía, en todos los puntos de  $(h)$ . Este comportamiento es similar al de la variograma exponencial.

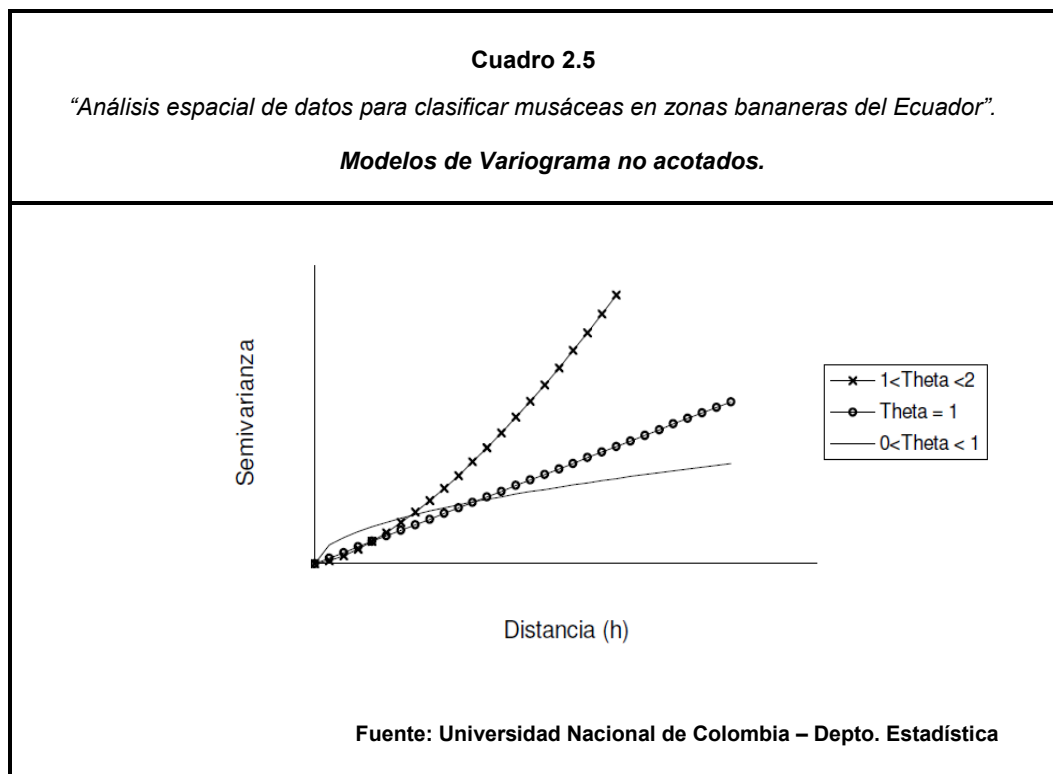
$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left( 1 - \text{Gauss}\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right)$$

### 2.10.2. Modelos no Acotados

#### Modelo Potencial y Modelo Lineal

Cuando el valor de  $\theta = 1$ , entonces el variograma es de tipo lineal. Debido al comportamiento de la función que tiene tendencia al infinito, este tipo de variograma no presenta meseta o sill, este variograma nos indica que el fenómeno es no estacionario.

$$\gamma(h) = kh^\theta \quad 0 < \theta < 2$$



El exponente  $\theta$  puede variar entre 0 (variograma pepítico) y 2 (variograma parabólico) [8].

### Modelo Pepita puro

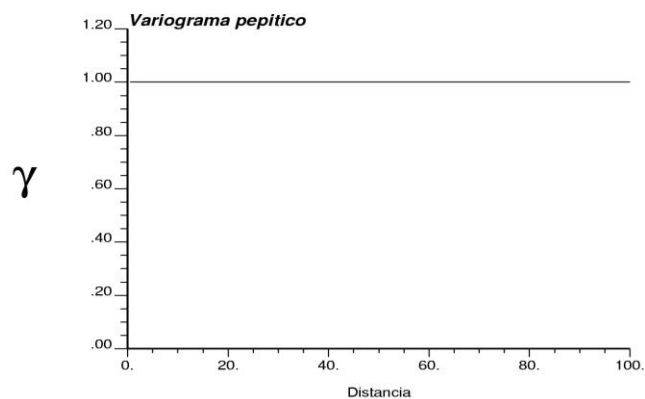
$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & \text{si } h = 0 \\ M & \text{si } h > 0 \end{cases}$$

Para el caso de la ecuación M es el valor de la meseta o sill, no existe correlación entre las observaciones, es similar a la función de distribución uniforme; constante en todos los puntos (h).

**Cuadro 2.6**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Variograma Pepita Puro.**



**Fuente: Universidad Nacional de Colombia – Depto. Estadística**



## 2.11. MODELAMIENTO Y PREDICCIONES ESPACIALES

### 2.11.1. Kriging

El kriging es un método de la estadística espacial que permite establecer predicciones, mediante interpolaciones de tipo lineal, a partir de un conjunto de puntos, que han sido seleccionados con una característica en común.

Esta técnica como otras que son usuales en Estadística, trata de disminuir el error cuadrático, lo cual permite tener un modelo de estimación fiable.

### 2.11.2. Tipos de Kriging Lineales y sus características

El uso de cada uno de los tipos lineales que contiene el *Kriging* exige la normalidad de las variables de estudio para obtener predicciones óptimas, son los mejores predictores linealmente insesgados [3].

Entre los tipos de predictores lineales se tienen los siguientes:

- *Kriging Ordinario*
- *Kriging Simple*
- *Kriging Universal*

### 2.11.3. Kriging Ordinario

Dado que se tiene un conjunto de observaciones, que pertenecen a una variable denominada  $Z$ , que representa una característica en común, y a

este conjunto de observaciones se le asocia puntos geográficos, cuya variable es representada como  $Z(x_i)$ , entonces se desea estimar el valor de un punto  $x_0$  que no ha sido incluido al momento de seleccionar la muestra; esta estimación se la realiza mediante la siguiente combinación lineal (2.6), donde  $\lambda_i$  indica un valor proporcional de las observaciones muestreadas, esta ponderación depende de la distancia entre observaciones pertenecientes a la muestra y el punto donde se realiza la estimación.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad ; \quad \text{Donde} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2.6)$$

Debido a que este tipo de kriging obtiene los pesos de  $\lambda_i$ , de tal manera que minimicen la varianza del error, se dice que  $Z^*(x_0)$  es un buen estimador, es decir minimiza (2.7):

$$\text{Var} (Z^*(x_0) - Z(x_0)) \quad (2.7)$$

A partir de teoría estadística se obtiene la fórmula (2.8), que nos indica como calcular el valor de las ponderaciones para  $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots, n$ )

$$\lambda_i = C_{ij}^{-1} \bullet C_{i0} \quad (2.8)$$

La fórmula (2.8) representa el vector de lambda, y la matriz de covarianzas para las distancias entre los puntos  $i, j$ .

Donde:

$$\text{Cov} [Z(x_i), Z(x_j)] = C_{ij} \quad (2.9)$$

#### 2.11.4. Kriging Simple

Este tipo de kriging considera el supuesto de media constante y conocida ( $m$ ), además que el valor de la media poblacional sea igual a la media muestral y la variable debe ser estacionaria. Al igual que en la técnica estadística diseño experimental existe un error, en donde la media del mismo es igual a cero, la diferencia es que los errores no son independientes.

Entonces la manera en que se predice la variable de interés se la calcula mediante la siguiente expresión (2.10):

$$Z^*(x_0) = m + \left[ \sum_{i=1}^n \lambda_i (Z(x_i) - m) \right] = m + \sum_{i=1}^n \lambda_i \varepsilon(x_i) \quad (2.10)$$

#### 2.11.5. Kriging Simple de bloque

Este es el caso cuando existe una variable que necesita ser estimada, en un determinado sector, en donde la estimación deja de ser puntual y lo que se requiere hallar es el valor que en promedio represente a un conjunto de valores pertenecientes a un bloque

$$\bar{Z}(A) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2.11)$$

Donde:

$$\lambda_i = C_{ij}^{-1} \bullet \bar{C}_{iA} \quad (2.12)$$

$$\bar{C}_{iA} = \frac{1}{A} \sum_{j \in A} C_{iA} \quad (2.13)$$

A través de ejemplos, se ha mostrado que el kriging en bloques coincide con el promedio de predicciones hechas por kriging ordinario sobre cada uno de los puntos del enmallado dentro del bloque. Así mismo indican que en la práctica es suficiente con un enmallado cuadrado (6x6) para obtener estimaciones estables en los bloques [9].

#### 2.11.6. Kriging Universal

Existe el caso en que la variable que tiene la característica de interés no cumple con el supuesto de ser una variable estacionaria, en dicho caso no se puede aplicar los tipos de Kriging hasta ahora estudiados, y se hace uso del kriging universal.

Consiste en descomponer la variable  $Z(x_i)$ , y asociarla mediante sumas de tendencias [3].

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2.14)$$

Donde:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma_{ij} + \sum_{i=1}^p \mu_i f_1(x_i) = \gamma_{i0} \quad (2.15)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j f(x_j) = f_1(x_0) \quad (2.16)$$

A partir de este sistema de ecuaciones se define la matriz de las ponderaciones de  $\lambda_i$ , que sirve para estimar una variable  $X_0$ .

## **CAPÍTULO TRES**

### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES**

A continuación se indican las definiciones de las variables, las mismas que representan una característica fisiológica de la planta, y son de interés en el estudio para identificar las localidades donde será conveniente elegir las variedades de Musáceas que sirvan para la producción de bioetanol. Lo que se busca son aquellas plantaciones, en cada una de las localidades, para las cuales las diferentes características representan las medidas más altas. Cada descriptor está medido en metros o centímetros, y debido al interés de los expertos en el tema, se los presenta mediante intervalos.

#### **Variable 1: *Altura del pseudotallo***

Indica la distancia que existe entre la base de la planta, hasta el borde desde donde inicia el peciolo.

1.      $\leq 2$  cm
2.     Entre 2.1 a 2.9 cm
3.      $\geq 3$  cm

### **Variable 2: *Área de la hoja***

Es el área total de la lámina (hoja). Esta medida se la obtiene multiplicando el ancho de la lámina por la longitud que existe desde donde se termina el peciolo hasta el final de la hoja y por 0.80.

1.  $\leq 9520 \text{ cm}^2$
2. Entre  $9520\text{-}14080 \text{ cm}^2$
3. Entre  $14081\text{-}19000 \text{ cm}^2$
4.  $> 19000 \text{ cm}^2$

### **Variable 3: *Proporción de la hoja***

Esta característica compara el ancho y la longitud de la lámina u hoja, este descriptor indica el ancho de la longitud, este puede ser el doble, el triple, etc.

1.  $\leq 2$  (longitud es el doble o menos del ancho de la hoja)
2. Entre (2 y 3)
3.  $\geq 3$  (la longitud es el triple o más del ancho de la hoja)

### **Variable 4: *Longitud del peciolo***

Peciolo se le denomina a la distancia que tiene la “rama” que sostiene la hoja, también llamado “rabo” de la hoja, localizada al final del pseudotallo hasta donde inicia la hoja.

1.  $\leq 50$  cm
2. Entre 51-70 cm
3.  $\geq 71$  cm

**Variable 5: *Ancho del margen del peciolo***

Es la longitud que tienen los canales que se forman a los lados del peciolo, son de pequeñas proporciones.

1.  $<1$  cm
2.  $\geq 1$  cm



### **3.2. LOCALIDADES INVESTIGADAS**

En el proyecto se estudian cuatro localidades pertenecientes al centro y sur del territorio ecuatoriano, en las mismas que existe una gran parte de la producción total de género musáceas, ya sea exportable o no exportable. Estas localidades están ubicadas en tres provincias en diferentes regiones. Pallatanga se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo en la Región Sierra, Bucay es un cantón localizado en la Provincia del Guayas en la Región Costa. Aunque existen diferencias entre las regiones se las analiza de manera conjunta debido a que limitan y su posición geográfica es cercana.

Loja está ubicada en la Región Sierra, aunque Loja y Pallatanga están en la misma Región son analizadas de manera separadas, debido a que existe gran diferencia en las posiciones geográficas entre estas localidades.

Sin embargo Zaruma y Loja comparten posiciones geográficas cercanas, por lo cual también son estudiadas de manera conjunta.

La elección de estudiar estos cuatro sectores, se debe a que en estas regiones existen mayor número de variedades de Musáceas, a diferencia de otras localidades en el país.

En el sector de Pallatanga – Bucay se midieron todas las características mencionadas en la sección previa, pero no existen datos de la variable Ancho de los márgenes del peciolo, área de la hoja, en Zaruma - Loja.

### 3.2.1. Ubicación Geográfica de Pallatanga- Bucay y Zaruma-Loja

**Cuadro 3.1**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

*Ubicación de los sectores investigados.*



Fuente: CIBE -ESPOL

El mapa del **cuadro 3.1** indica los sectores, desde donde se seleccionaron las observaciones, los triángulos de color naranja indica la posición de Pallatanga (Chimborazo) y Bucay (Guayas); mientras que los triángulos de color celeste indican las localidades de Zaruma (El Oro), Loja (Loja).

### 3.2.2. Características generales de las localidades

| <b>Tabla 3.1</b><br><i>“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.</i><br><b>Provincias de los sectores analizados.</b>                                                                    |            |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|------------|------------|--------|-------|--------|--------|------|------|-----------------------------|
| <table> <tr> <th>Provincias</th><th>Cantón</th></tr> <tr> <td>Chimborazo</td><td>Pallatanga</td></tr> <tr> <td>Guayas</td><td>Bucay</td></tr> <tr> <td>El Oro</td><td>Zaruma</td></tr> <tr> <td>Loja</td><td>Loja</td></tr> </table> | Provincias | Cantón | Chimborazo | Pallatanga | Guayas | Bucay | El Oro | Zaruma | Loja | Loja | <b>Fuente: CIBE –ESPOL.</b> |
| Provincias                                                                                                                                                                                                                           | Cantón     |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |
| Chimborazo                                                                                                                                                                                                                           | Pallatanga |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |
| Guayas                                                                                                                                                                                                                               | Bucay      |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |
| El Oro                                                                                                                                                                                                                               | Zaruma     |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |
| Loja                                                                                                                                                                                                                                 | Loja       |        |            |            |        |       |        |        |      |      |                             |

**Pallatanga:** Este sector de estudio se encuentra en la Provincia de Chimborazo, en la Región Sierra al Centro del país.

**Bucay:** Este sector de estudio se encuentra en la Provincia del Guayas, en la Región Costa al Centro del país.

**Zaruma:** Este sector de estudio se encuentra en la Provincia de El Oro, en la Región Costa al Sur del país.

**Loja:** Este sector de estudio se encuentra en la Provincia de Loja, en la Región Sierra al Sur del país.

### 3.2.3. Distribución de las variedades de musáceas por región.

| <p><b>Tabla 3.2</b><br/> <i>“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.</i><br/> <b>Variedades de Musáceas localizadas en los sectores de estudio.</b></p> |                           |              |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| Pallatanga-Bucay                                                                                                                                                                                     |                           | Zaruma-Loja  |                           |
| Nombre común                                                                                                                                                                                         | Nombre científico         | Nombre común | Nombre científico         |
| Congo                                                                                                                                                                                                |                           | Tocho        | M. balbisiana             |
| Limeño                                                                                                                                                                                               | M. acuminata x balbisiana | Mocho        |                           |
| Criollo                                                                                                                                                                                              |                           | Manzano      | M. acuminata x balbisiana |
| Guineo                                                                                                                                                                                               | M. acuminata              | Ortete       |                           |
| Morado                                                                                                                                                                                               | M. acuminata              | Ceda pequeño |                           |
| Ceda                                                                                                                                                                                                 |                           | Guineo común | M. acuminata              |
| Maqueño                                                                                                                                                                                              | M. acuminata              | Tocho blanco | M. balbisiana             |
| Filipino                                                                                                                                                                                             |                           |              |                           |
| Guineo almendra                                                                                                                                                                                      |                           |              |                           |
| Inglés                                                                                                                                                                                               |                           |              |                           |
| Filipino enano                                                                                                                                                                                       |                           |              |                           |
| Guineo negro                                                                                                                                                                                         |                           |              |                           |

**Fuente: CIBE –ESPOL**

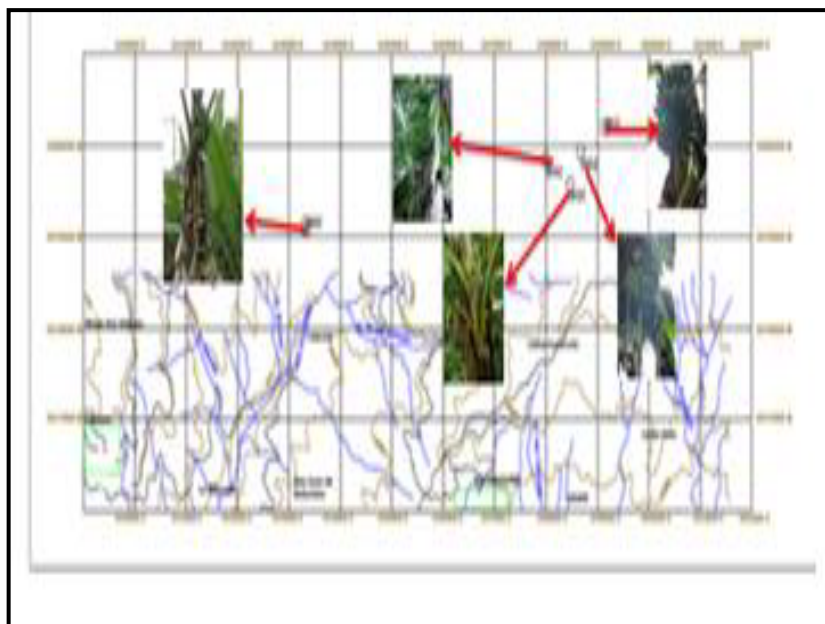
La **tabla 3.2** indica todas las variedades que existen en los sectores de Pallatanga, Bucay, Zaruma y Loja, donde los frutos son llamados mediante el nombre común, como los productores o consumidores los conocen.

En el **cuadro 3.2** se muestra algunas de las localidades donde fueron seleccionados los elementos que conforman la muestra, y con estas las diferentes variedades de especies de musáceas que se encuentran en las localidades de Pallatanga y Bucay.

**Cuadro 3.3**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Sectores y variedades de Musáceas en Zaruma – Loja.**



Fuente: CIBE -ESPOL

En el **cuadro 3.3** se muestran algunas de las localidades donde fueron seleccionados los elementos que conforman la muestra, y con estas las diferentes variedades de especies de musáceas que se encuentran en las localidades de Loja y Zaruma.

### **3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica de recopilación de datos la realizó el área de fitopatología del CIBE-ESPOL.

Las zonas de estudio de donde se obtuvieron los datos fueron seleccionados de manera dirigida (no aleatoria), ya que se busca estudiar aquellos sitios donde hay mayor variedad de musáceas producidas, en comparación con otras regiones. Esta variedad de especies se debe a la diferencia de clima, la distancia respecto al nivel del mar y capacidad de nutrientes en el suelo, dependiendo de la naturaleza y los químicos que los productores usen.

Para la división de los intervalos (cap. 4) se usó la metodología que recomienda y aplica el INIBAP, esta categorizada para poder identificar posibles variedades pertenecientes al género musácea.

## **CAPÍTULO CUATRO**

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se realiza el análisis descriptivo de los datos, el mismo que se debe realizar en todo estudio de investigación en el que se involucre a esta ciencia.

Considerando lo descrito en el párrafo anterior se realizan gráficas tales como histogramas de frecuencia, las cuales son barras en la que se observa la cuantificación de valores que pertenecen a la variable; diagramas de cajas, que sirven para identificar datos considerados como “aberrantes”, y obtener la visualización de como están distribuidos los datos.

Parte del análisis descriptivo presente en el capítulo ha sido el cálculo de medidas de tendencia central tales como: media, y mediana. Además se calculan medidas de dispersión para conocer que tan distribuidos se encuentran los datos, respecto a la media, entre estas medidas se puede mencionar a los cuartiles, rango intercuartil, rango muestral, coeficiente de variación, sesgo y la varianza y su respectiva desviación estándar.

El procesamiento de datos se realiza a cada una de las variables que se estudian en el proyecto, es decir que se hace uso de análisis univariado, para las dos localidades investigadas, Pallatanga –Bucay y Zaruma – Loja.



Además de lo mencionado se realiza una de las técnicas de la inferencia estadística llamada Bondad de Ajuste (Prueba de Kolmogorov- Smirnov). Esta prueba es necesaria para determinar si las variables de la muestra obtenida sigue una distribución Normal. Este paso es previo para uso de las técnicas implicadas en la Geoestadística, ya que es uno de los supuestos que plantean la técnica de krigado.

#### 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE DATOS.

Las variables que se están analizando, que corresponden a las características fisiológicas de la planta, se las ha clasificado de acuerdo a la localidad de donde fueron seleccionadas. El primer grupo ubicadas en el sector de Pallatanga – Bucay, está representada por *variables* que son cuantitativas que contiene la “medida” de una determinada característica; sin embargo por razones de estudio los expertos en cultivos de variedades de Musáceas, han categorizado a este grupo de variables; estas tienen un orden de importancia lo cual indica que estamos tratando a una *variable ordinal*, siendo 1 la representación del intervalo de menor valor y los siguientes de valores superiores.

Las variables estudiadas en análisis posteriores son: ***Ancho del margen de peciolo, Área de la hoja, Longitud del Peciolo, Altura del Pseudotallo, Proporción de la Hoja.***

Para la localidad de Zaruma - Loja sólo se analizan tres descriptores de las plantas, esto es debido a que aún no estaban disponibles los datos del resto de variables.

Las variables estudiadas son: ***Longitud del Peciolo, Altura del Pseudotallo, Proporción de la hoja.***

### 4.1.1. Estadística Descriptiva: Pallatanga - Bucay

**Variable: Ancho del margen del peciolo**

**Cuadro 4.1**

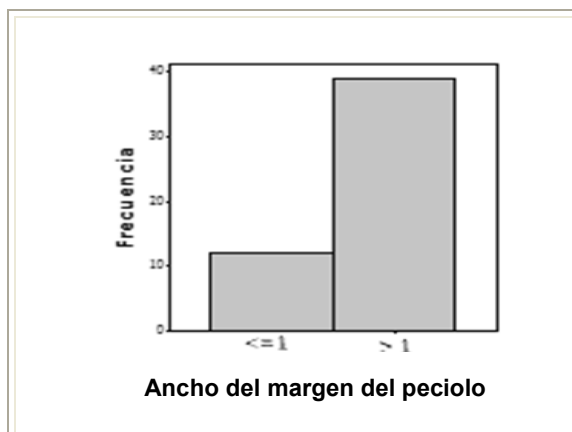
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Ancho del margen del peciolo.**

**Tabla de Frecuencias**

| Ancho del Margen del peciolo |            |                     |                      |
|------------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                              | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 1     | 12         | 0,235               | 0,235                |
| 2. Mayores a 1               | 39         | 0,765               | 1                    |
| Total                        | 51         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En las **secciones 4.1.1 y 4.1.2** se realiza la estadística descriptiva para todas las unidades de investigación que son parte de la muestra, perteneciente a las zonas de estudio Pallatanga–Bucay y Zaruma-Loja, independientemente del tipo de especie al que cada una de ellas pertenezcan.

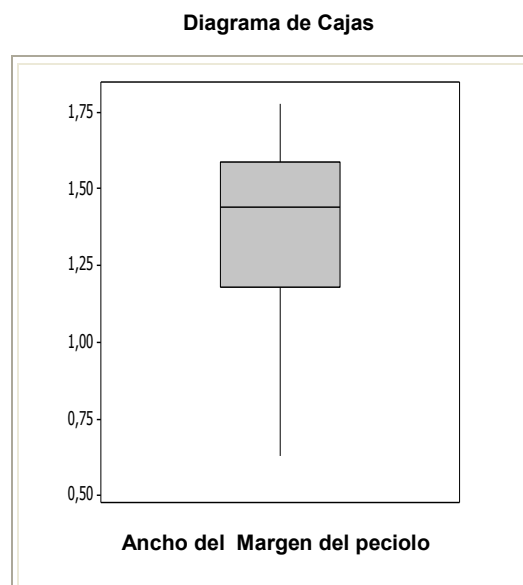
En el **cuadro 4.1** se indica la frecuencia para los valores de la variable *Ancho del margen del peciolo*, y se la analiza en dos marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen un ancho en su peciolo de hasta 1 centímetro, cumplen con esta cualidad 12 del total de las plantas muestreadas, esto es un 23.5%; este intervalo se encuentra en menor proporción a diferencia de la clase número 2, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 39 observaciones, que constituyen las especies cuyo margen del peciolo es superior a 1 centímetro, esto es un 76.5%.

**Cuadro 4.2**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Ancho del margen del peciolo.**

| Ancho del Margen del peciolo |         |       |
|------------------------------|---------|-------|
| Media                        |         | 1,31  |
| Mediana                      |         | 1,44  |
| Desviación Estándar          |         | 0,36  |
| Varianza                     |         | 0,13  |
| Coefficiente de Variación    |         | 0,27  |
| Sesgo                        |         | -0,79 |
| Curtosis                     |         | -0,70 |
| Rango                        |         | 1,15  |
| Mínimo                       |         | 0,63  |
| Máximo                       |         | 1,78  |
| Percentiles                  | 25 (Q1) | 1,18  |
|                              | 50 (Q2) | 1,44  |
|                              | 75 (Q3) | 1,59  |



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.2** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida del ancho del margen del peciolo en promedio tiene 1.31 centímetros, cuya variabilidad de los datos respecto a la media es 0.36, el valor central del ancho del margen del peciolo, llamado mediana es 1.44 centímetros, siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable -0.79, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la derecha del promedio (1.31). Esto indica que en su mayoría, el ancho del margen del peciolo de la planta es mayor a 1 centímetro, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.1. Los valores mínimo y máximo son 0.63 y

1.78 centímetros; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 1.15 centímetros.

En el Diagrama de caja se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 1.18, 1.44, 1.59 centímetros respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido márgenes con ancho menores o iguales a 1.18 centímetros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido márgenes con ancho menores o iguales a 1.44 centímetros y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido márgenes con ancho menores o iguales a 1.59 centímetros.

**Variable: Área de la hoja**

**Cuadro 4.3**

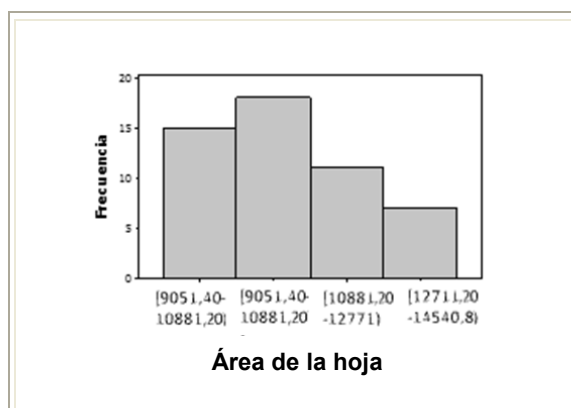
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Área de la hoja.**

**Tabla de Frecuencias**

| Área de la hoja (m <sup>2</sup> ) |            |                     |                      |
|-----------------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                                   | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. [7221,60 –9051,40)             | 15         | 0,294               | 0,294                |
| 2. [9051,40– 10881,20)            | 18         | 0,353               | 0,647                |
| 3. [10881,20– 12711)              | 11         | 0,216               | 0,863                |
| 4. [12711 – 14540,8)              | 7          | 0,137               | 1                    |
| <b>Total</b>                      | <b>51</b>  | <b>1</b>            |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En **el cuadro 4.3** se indica la frecuencia para los valores de la variable *Área de la hoja*, y se la analiza en cuatro marcas de clases o “intervalos”, siendo la segunda clase todas aquellas hojas de las plantas de los tipos de Musáceas que tienen un área entre 9051,40 y 10881.20 centímetros cuadrados y cumplen con esta cualidad 18 del total de las plantas muestreadas, esto es un 35.3%; este intervalo se encuentra en mayor proporción a diferencia de la clase número 4, cuya cantidad de plantas de Musáceas dan un total de 7, que constituyen las especies cuya área de la hoja es mayor o igual a 12711,20 centímetros cuadrados, esto es 13.7%.

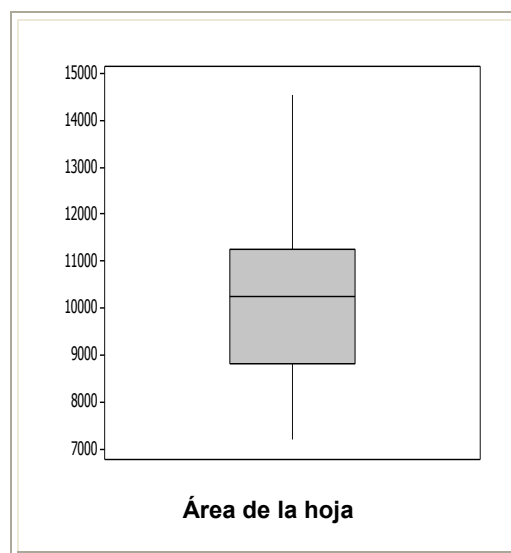


**Cuadro 4.4**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Área de la hoja.**

| Área de la hoja           |         |       |
|---------------------------|---------|-------|
| Media                     |         | 1,03  |
| Mediana                   |         | 1,02  |
| Desviación Estándar       |         | 0,19  |
| Varianza                  |         | 0,03  |
| Coefficiente de Variación |         | 0,18  |
| Sesgo                     |         | 0,36  |
| Curtosis                  |         | -0,36 |
| Rango                     |         | 0,73  |
| Mínimo                    |         | 0,72  |
| Máximo                    |         | 1,45  |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 0,88  |
|                           | 50 (Q2) | 1,02  |
|                           | 75 (Q3) | 1,13  |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.4** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida del área de una hoja en promedio tiene 10289.76 centímetros cuadrados, cuya variabilidad de los datos respecto a la media es 1851.56, el valor central de el área de la hoja, llamado mediana es 10241.60 centímetros cuadrados; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable 0.36, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la izquierda del promedio. Esto indica que en su mayoría, el área de la hoja de la planta es mayor a 10289 centímetros cuadrados, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.3 de la sección previa.

Los valores mínimo y máximo son 7221.60 y 14540.80 centímetros cuadrados; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 7319.20 centímetros cuadrados.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 8818.40, 10241.60, 11246.40 centímetros cuadrados respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido hojas con áreas menores o iguales a 8818.40 centímetros cuadrados; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido hojas con áreas menores o iguales a 10241.60 centímetros cuadrados y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido hojas con áreas menores o iguales a 11246.40 centímetros cuadrados.

### Variable: Longitud del Peciolo

**Cuadro 4.5**

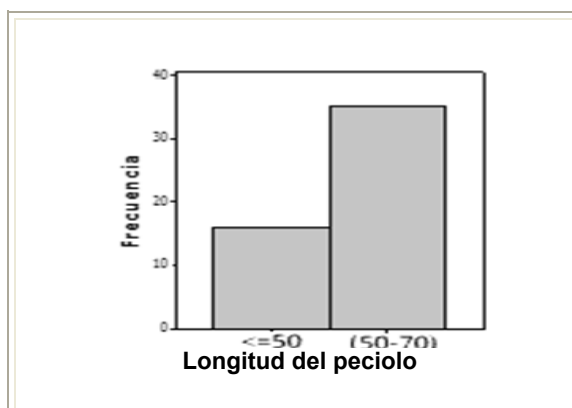
*"Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador".*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Longitud del peciolo.**

**Tabla de Frecuencias**

| Longitud del peciolo          |            |                     |                      |
|-------------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                               | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 50 cm. | 16         | 0,314               | 0,314                |
| 2. Entre (50 y 70) cm.        | 35         | 0,686               | 1                    |
| 3. Mayor o igual a 71 cm.     | 0          | 0                   | 1                    |
| Total                         | 51         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

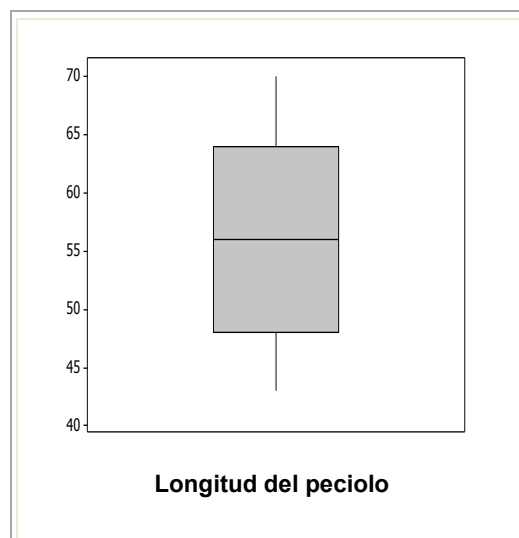
En el **cuadro 4.5** se indica la frecuencia para los valores de la variable *longitud del peciolo*, y se la analiza en tres marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una longitud en su peciolo de hasta 50 centímetros, cumplen con esta cualidad 16 del total de las plantas muestreadas, esto es un 31.4%; este intervalo se encuentra en menor proporción a diferencia de la clase número 2, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 36 observaciones, que constituyen las especies cuyo margen del peciolo está entre 50 y 70 centímetros, esto es un 68.6%. Para la tercera marca de clase no hubo observación alguna.

**Cuadro 4.6**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Longitud del peciolo.**

| Longitud del peciolo      |         |       |
|---------------------------|---------|-------|
| Media                     |         | 56,80 |
| Mediana                   |         | 56,00 |
| Desviación Estándar       |         | 8,55  |
| Varianza                  |         | 73,16 |
| Coefficiente de Variación |         | 0,15  |
| Sesgo                     |         | -0,11 |
| Curtosis                  |         | -1,43 |
| Rango                     |         | 27,00 |
| Mínimo                    |         | 43,00 |
| Máximo                    |         | 70,00 |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 48,00 |
|                           | 50 (Q2) | 56,00 |
|                           | 75 (Q3) | 65,00 |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.6** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la longitud del peciolo en promedio tiene 56.80 centímetros, cuya variabilidad de los datos respecto a la media es 8.55 centímetros, el valor central de la longitud del peciolo, llamado mediana es 56 centímetros; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable -0.11, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la derecha del promedio. Esto indica que en su mayoría, la longitud del peciolo de la planta es mayor a 56 centímetros, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.5. Los valores mínimo y máximo son 43 y 70 centímetros;

respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, 27 centímetros.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 48, 56, 64 centímetros respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido longitudes para el peciolo menores o iguales a 48 centímetros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido longitudes para el peciolo menores o iguales a 56 centímetros y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas tienen longitudes para el peciolo menores o iguales a 64 centímetros.

**Variable: Altura del pseudotallo**

**Cuadro 4.7**

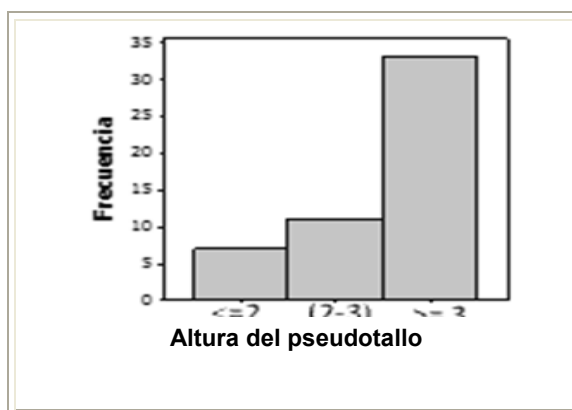
*"Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador".*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Altura del pseudotallo.**

**Tabla de Frecuencias**

| Altura del pseudotallo      |            |                     |                      |
|-----------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                             | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 2 m. | 7          | 0,137               | 0,137                |
| 2. Entre (2 y 3) m.         | 11         | 0,216               | 0,353                |
| 3. Mayor o igual a 3 m.     | 33         | 0,647               | 1                    |
| Total                       | 51         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En el **cuadro 4.7** se indica la frecuencia para los valores de la variable *altura del pseudotallo*, y se la analiza en tres marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una altura inferior o igual a los 2 metros y cumplen con esta cualidad 7 del total de las plantas muestreadas, esto es un 13.7%; este intervalo se encuentra en menor proporción a diferencia de la clase número 3, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 33 observaciones, que constituyen las especies cuya altura del pseudotallo es mayor a 3, esto es un 64.7%.

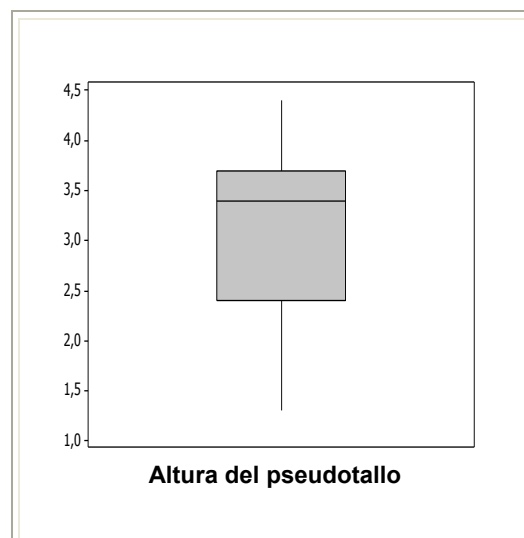


**Cuadro 4.8**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Altura de pseudotallo.**

| Altura del pseudotallo    |         |       |
|---------------------------|---------|-------|
| Media                     |         | 3,12  |
| Mediana                   |         | 3,40  |
| Desviación Estándar       |         | 0,80  |
| Varianza                  |         | 0,65  |
| Coefficiente de Variación |         | 0,26  |
| Sesgo                     |         | -0,70 |
| Curtosis                  |         | -0,64 |
| Rango                     |         | 3,10  |
| Mínimo                    |         | 1,30  |
| Máximo                    |         | 4,40  |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 2,40  |
|                           | 50 (Q2) | 3,40  |
|                           | 75 (Q3) | 3,70  |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.8** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la altura del pseudotallo en promedio tiene 3.12 metros, cuya variabilidad de los datos respecto a la media es 0.80, el valor central de la altura del pseudotallo, llamado mediana es 3.40 metros; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable -0.76, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la derecha del promedio. Esto indica que en su mayoría, la altura del pseudotallo de la planta es mayor a 3 metros, esta característica se la puede apreciar en el **cuadro**

**4.7.** Los valores mínimo y máximo son 1.30 y 4.40 metros; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 3.10 metros.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 2.40, 3.40, 3.70 metros respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 2.40 metros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 3.40 metros y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 3.70 metros.

**Variable: Proporción de la hoja**

**Cuadro 4.9**

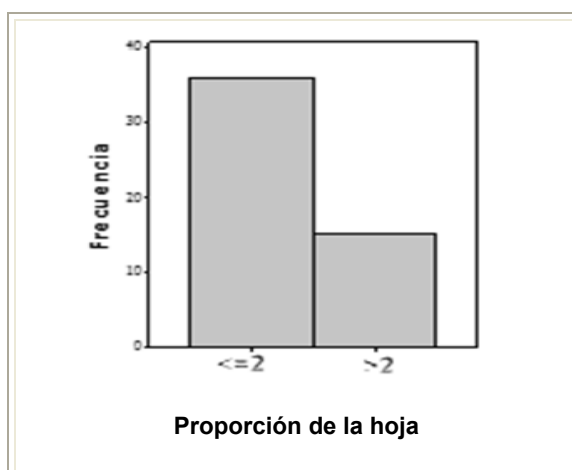
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Proporción de la hoja.**

**Tabla de Frecuencias**

| Proporción de la hoja    |            |                     |                      |
|--------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                          | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 2 | 36         | 0,706               | 0,706                |
| 2. Mayores a 2.          | 15         | 0,294               | 1                    |
| Total                    | 51         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

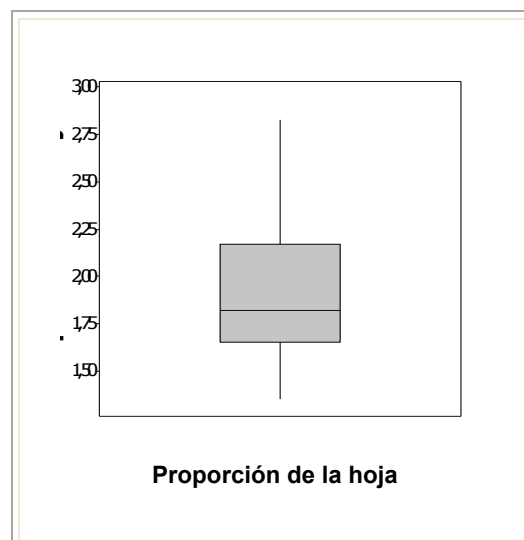
En el **cuadro 4.9** se indica la frecuencia para los valores de la variable *Proporción de la hoja*, y se la analiza en dos marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una proporción inferior o igual a 2 y cumplen con esta cualidad 36 del total de las plantas muestreadas, esto es un 70.6, este intervalo se encuentra en mayor proporción a diferencia de la clase número 2, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 15 observaciones, que constituyen las especies cuya proporción de la hoja es mayor o igual a 2, esto es un 29.4%.

**Cuadro 4.10**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Proporción de la hoja.**

| Proporción de la hoja     |         |      |
|---------------------------|---------|------|
| Media                     |         | 1,88 |
| Mediana                   |         | 1,82 |
| Desviación Estándar       |         | 0,35 |
| Varianza                  |         | 0,12 |
| Coefficiente de Variación |         | 0,19 |
| Sesgo                     |         | 0,84 |
| Curtosis                  |         | 0,51 |
| Rango                     |         | 1,48 |
| Mínimo                    |         | 1,35 |
| Máximo                    |         | 2,83 |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 1,65 |
|                           | 50 (Q2) | 1,82 |
|                           | 75 (Q3) | 2,17 |

**Diagrama de Cajas****Proporción de la hoja**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.10** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la proporción de la hoja en promedio tiene 1.88, cuya variabilidad respecto a la media es 0.35, el valor central de la proporción de la hoja, llamado mediana es 1.82; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable 0.84, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la izquierda del promedio. Esto indica que en su mayoría, la proporción de la hoja es menor o igual a 1.88, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.9. Los valores mínimo y

máximo son 1.35 y 2.83; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 1.48.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 1.65, 1.82, 2.17 respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 1.65; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 1.82 y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 2.17.

### 4.1.2. Estadística Descriptiva: Zaruma – Loja

**Variable: Altura del Pseudotallo**

**Cuadro 4.11**

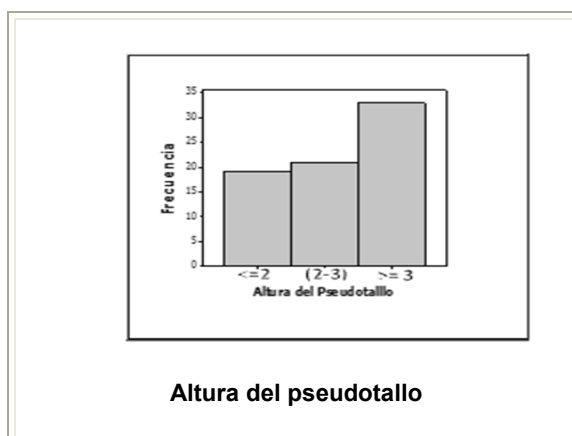
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Altura del pseudotallo.**

**Tabla de Frecuencias**

| Altura del pseudotallo   |            |                     |                      |
|--------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                          | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 2 | 19         | 0,260               | 0,137                |
| 2. Entre (2 y 3) m       | 21         | 0,288               | 0,548                |
| 3. Mayor o igual a 3 m.  | 33         | 0,452               | 1                    |
| <b>Total</b>             | <b>73</b>  | <b>1</b>            |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En el **cuadro 4.11** se indica la frecuencia para los valores de la variable *altura del pseudotallo*, y se la analiza en tres marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una altura inferior o igual a los 2 metros y cumplen con esta cualidad 19 del total de las plantas muestreadas, esto es un 26%; este intervalo se encuentra en menor proporción a diferencia de la clase número 3, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 33 observaciones, que constituyen las especies cuya altura del pseudotallo es mayor o igual a 3 metros, esto es un 45.21%.

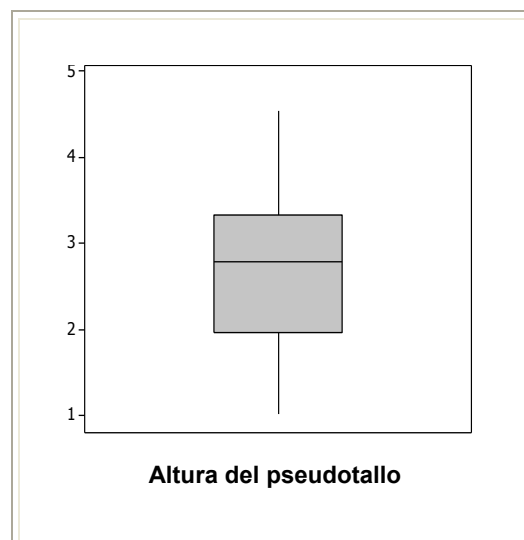


**Cuadro 4.12**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Altura de pseudotallo.**

| Altura del pseudotallo    |         |       |
|---------------------------|---------|-------|
| Media                     |         | 2,72  |
| Mediana                   |         | 2,79  |
| Desviación Estándar       |         | 0,83  |
| Varianza                  |         | 0,69  |
| Coefficiente de Variación |         | 0,31  |
| Sesgo                     |         | -0,18 |
| Curtosis                  |         | -0,86 |
| Rango                     |         | 3,53  |
| Mínimo                    |         | 1,01  |
| Máximo                    |         | 4,54  |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 1,96  |
|                           | 50 (Q2) | 2,79  |
|                           | 75 (Q3) | 3,35  |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.12** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la altura del pseudotallo en promedio tiene 2.72 metros, cuya variabilidad respecto a la media es 0.83, el valor central de la altura del pseudotallo, llamado mediana es 2.79 metros; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable -0.18, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la derecha del promedio. Esto indica que en su mayoría, la altura del pseudotallo de la planta es mayor a 2.72 metros, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.11. Los valores mínimo y máximo son 1.01 y 3.53 metros;

respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 3.53 metros.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 1.90, 2.70, 3.50 metros respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 1.90 metros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 2.70 metros y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido alturas del pseudotallo menores o iguales a 3.50 metros.

### Variable: Longitud del Peciolo

**Cuadro 4.13**

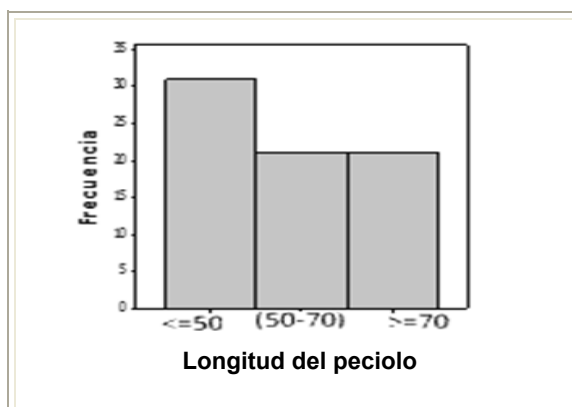
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Longitud del peciolo.**

**Tabla de Frecuencias**

| Longitud del peciolo          |            |                     |                      |
|-------------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                               | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 50 cm. | 31         | 0,425               | 0,428                |
| 2. Entre (50 y 70) cm.        | 21         | 0,288               | 0,712                |
| 3. Mayor o igual a 71 cm.     | 21         | 0,288               | 1                    |
| Total                         | 73         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

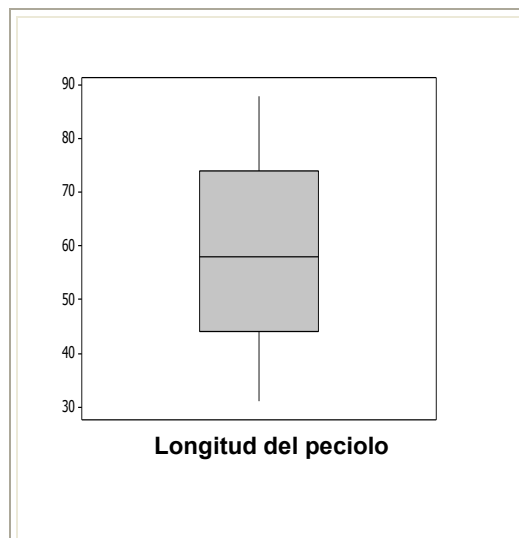
En el **cuadro 4.13** se indica la frecuencia para los valores de la variable *Longitud del peciolo*, y se la analiza en tres marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una longitud en su peciolo de hasta 50 centímetros, cumplen con esta cualidad 31 del total de las plantas muestreadas, esto es un 42.5%; este intervalo se encuentra en mayor proporción a diferencia de la clase número 2, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 21 observaciones, que constituyen las especies cuyo margen del peciolo está entre 50 y 70 centímetros, esto es un 28.8%.

**Cuadro 4.14**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Longitud del peciolo.**

| Longitud del peciolo      |         |        |
|---------------------------|---------|--------|
| Media                     |         | 58,42  |
| Mediana                   |         | 58,00  |
| Desviación Estándar       |         | 17,43  |
| Varianza                  |         | 303,99 |
| Coefficiente de Variación |         | 0,30   |
| Sesgo                     |         | 0,04   |
| Curtosis                  |         | -1,33  |
| Rango                     |         | 57,00  |
| Mínimo                    |         | 31,00  |
| Máximo                    |         | 88,00  |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 44,00  |
|                           | 50 (Q2) | 58,00  |
|                           | 75 (Q3) | 74,00  |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.14** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la longitud del peciolo en promedio tiene 58.42 centímetros, cuya variabilidad de los datos respecto a la media es 17.43 centímetros, el valor central de la longitud del peciolo, llamado mediana es 58 centímetros; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable 0.04, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la izquierda del promedio. Esto indica que en su mayoría, la longitud del peciolo de la planta es menor a 58 centímetros, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.13. Los valores mínimo y máximo son 31

y 88 centímetros; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, 57 centímetros.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 44, 58, 74 centímetros respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido longitudes para el peciolo menores o iguales a 44 centímetros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido longitudes para el peciolo menores o iguales a 58 centímetros y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han longitudes para el peciolo menores o iguales a 74 centímetros.

**Variable: Proporción de la hoja**

**Cuadro 4.15**

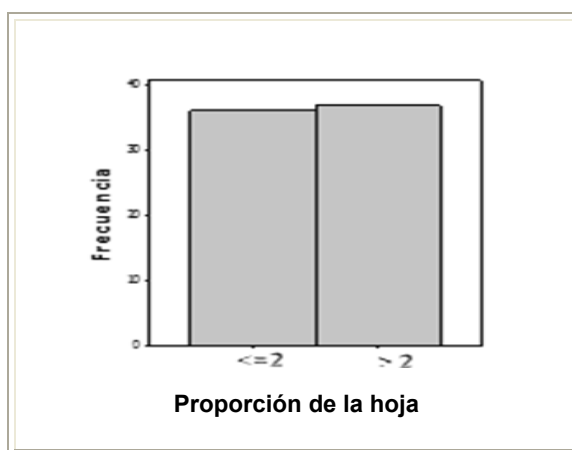
*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Tabla e Histograma de Frecuencia de Proporción de la hoja.**

**Tabla de Frecuencias**

| Proporción de la hoja    |            |                     |                      |
|--------------------------|------------|---------------------|----------------------|
|                          | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
| 1. Menores o iguales a 2 | 36         | 0,493               | 0,493                |
| 2. Mayores a 2.          | 37         | 0,507               | 1                    |
| Total                    | 73         | 1                   |                      |

**Histograma de Frecuencias**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En el **cuadro 4.15** se indica la frecuencia para los valores de la variable *Proporción de la hoja*, y se la analiza en dos marcas de clases o “intervalos”, siendo la primera clase todas aquellas plantas de los tipos de Musáceas que tienen una proporción inferior a 2 y cumplen con esta cualidad 36 del total de las plantas muestreadas, esto es un 49.3%, este intervalo se encuentra en menor proporción a diferencia de la clase número 2, cuya cantidad de plantas de Musáceas tienen un total de 37 observaciones, que constituyen las especies cuya altura del pseudotallo es mayor a 2, esto es un 50.7%.

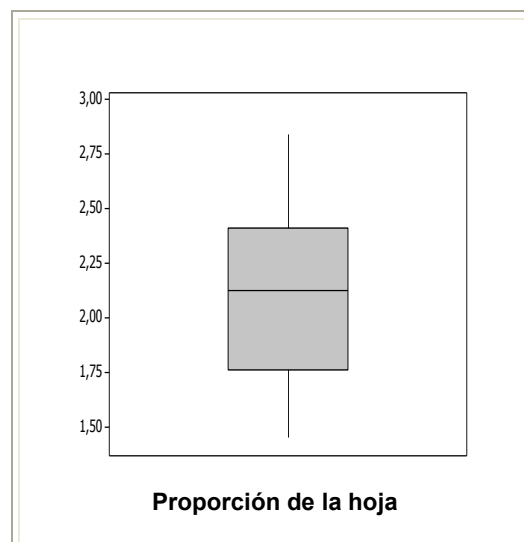


**Cuadro 4.16**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estadística Descriptiva y diagrama de cajas para Proporción de la hoja.**

| Proporción de la hoja     |         |       |
|---------------------------|---------|-------|
| Media                     |         | 2,09  |
| Mediana                   |         | 2,12  |
| Desviación Estándar       |         | 0,39  |
| Varianza                  |         | 0,15  |
| Coefficiente de Variación |         | 0,19  |
| Sesgo                     |         | 0,16  |
| Curtosis                  |         | -1,18 |
| Rango                     |         | 1,39  |
| Mínimo                    |         | 1,45  |
| Máximo                    |         | 2,84  |
| Percentiles               | 25 (Q1) | 1,76  |
|                           | 50 (Q2) | 2,12  |
|                           | 75 (Q3) | 2,41  |

**Diagrama de Cajas**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

El **cuadro 4.16** muestra la estadística básica de los datos, donde la medida de la proporción de la hoja en promedio tiene 2.09, cuya variabilidad respecto a la media es 0.39, el valor central de la proporción de la hoja, llamado mediana es 2.12; siendo el valor que nos indica el sesgo o asimetría de la variable 0.16, es decir que la concentración de los datos se encuentran hacia la izquierda del promedio. Esto indica que en su mayoría, la proporción de la hoja es menor o igual a 2, esta característica se la puede apreciar en el cuadro 4.15. Los valores mínimo y máximo son

1.45 y 2.84 metros; respectivamente, y el rango muestral, que no es otra cosa que la diferencia entre ambos, es de 1.39 metros.

En el Diagrama de cajas se puede visualizar la “distribución” de los datos en donde se localizan el primer, segundo y tercer cuartil siendo 1.76, 2.12, 2.41 respectivamente; para el primer caso se tiene que el 25% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 1.76 metros; además se observa que el 50% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 2.12 y consecuentemente el tercer cuartil ( $Q_3$ ) indica que el 75% del total de las plantas han tenido proporciones de hojas que son menores o iguales a 2.41.

#### 4.2. PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV

Esta prueba establece si la muestra dada ha sido seleccionada a partir de una determinada población.

En el caso del proyecto se exige la normalidad de las variables previo a la aplicación de las técnicas espaciales (krigiado). Para esto se hace uso de la prueba K-S, y el respectivo contraste de hipótesis se lo define de esta manera:

**H<sub>0</sub>:** La muestra ha sido seleccionada de una población que es Normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ .

**Vs.**

**H<sub>1</sub>:** La muestra no se ajusta una distribución normal.

Se realiza este análisis para cada una de las variables en estudio, analizando si la distribución de las mismas es la de tipo normal, cuyos parámetros se los estima mediante las respectivas media y varianza muestrales de las variables.

#### 4.2.1. Variables de las localidades Pallatanga-Bucay

| Tabla 4.1                                                                       |                     |          |           |               |         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|-----------|---------------|---------|-----------|
| <i>Prueba de Kolmogorov – Smirnov para las variables en Pallatanga - Bucay.</i> |                     |          |           |               |         |           |
| Prueba de Kolmogorov-Smirnov                                                    |                     | Márgenes | Área_hoja | Long. peciolo | Alt_psd | Prop_hoja |
| Parámetros Distribución Normal                                                  | Media               | 1,31     | 10289,76  | 56,80         | 3,12    | 1,88      |
|                                                                                 | Desviación Estándar | 0,36     | 1851,56   | 8,55          | 0,81    | 0,35      |
| Máxima diferencia                                                               | Absoluta            | 0,17     | 0,10      | 0,16          | 0,17    | 0,14      |
|                                                                                 | Positiva            | 0,13     | 0,10      | 0,10          | 0,10    | 0,14      |
|                                                                                 | Negativa            | -0,17    | -0,06     | -0,16         | -0,17   | -0,07     |
| Kolmogorov-Smirnov Z                                                            |                     | 1,19     | 0,70      | 1,14          | 1,20    | 1,03      |
| Significancia                                                                   |                     | 0,12     | 0,71      | 0,15          | 0,11    | 0,24      |

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

La **tabla 4.1** indica la existencia de normalidad en todas las variables estudiadas, para la localidad de Pallatanga-Bucay.

Según la hipótesis planteada en el párrafo anterior, en todos los casos no se rechaza la hipótesis nula planteada, es decir que existe indicio para decir que la muestra sigue una distribución Normal con sus respectivos parámetros. Esto se lo verifica mediante el valor de significancia o llamado también como *valor p*, ya que en todas las variables el valor *p* es superior a 0.05; esto es 0.12 para *Ancho del margen de la hoja*, 0.71 para *Área de la hoja*, 0.15 para *Longitud del peciolo*, 0.11 para la *Altura del Pseudotallo* y 0.24 para la *Proporción de la hoja*; esto implica que la distribución en todas

las variables es normal, con los respectivos parámetros de media y varianza.

Es decir que cumple con el supuesto que exige el análisis espacial, no es necesario realizar ninguna transformación de las variables para que sea normal.

#### 4.2.2. Variables de las localidades: Zaruma- Loja

**Tabla 4.2**

***Prueba de Kolmogorov – Smirnov para las variables en Zaruma - Loja.***

| Prueba de Kolmogorov-Smirnov   |                     | Long. peciolo | Alt_psd     | Prop_hoja   |
|--------------------------------|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| Parámetros Distribución Normal | Media               | 58,42         | 2,72        | 2,09        |
|                                | Desviación Estándar | 17,43         | 0,83        | 0,39        |
| Máxima diferencia              | Absoluta            | 0,14          | 0,10        | 0,13        |
|                                | Positiva            | 0,147         | 0,08        | 0,13        |
|                                | Negativa            | -0,09         | -0,10       | -0,08       |
| Kolmogorov-Smirnov Z           |                     | 1,16          | 0,87        | 1,11        |
| Significancia                  |                     | <b>0,13</b>   | <b>0,44</b> | <b>0,17</b> |

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

La **tabla 4.2** indica la existencia de normalidad en todas las variables estudiadas, para la localidad de Zaruma-Loja. Al igual que el caso anterior las variables de esta localidad siguen una distribución normal, siendo el valor de significancia 0.13 para *Longitud del peciolo*, 0.44 para *Altura del pseudotallo* y 0.17 para la *Proporción de la hoja*.

## **CAPÍTULO CINCO**

### **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se realiza los análisis para obtener modelos de variogramas y mapas estimaciones, para determinar la ubicación espacial de las plantas de plátano y banano que son de interés para la producción de bioetanol; donde se involucra a las diferentes técnicas de la Geoestadística enunciadas en el capítulo 2; análisis estructural, modelación y estimaciones a través del krigeado.

En la primera sección, previo a la determinación de estimaciones se busca establecer el semivariograma que se ajuste a uno de los modelos teóricos, esto se realiza para las variables que indican características fisiológicas de la planta: ***Ancho del margen de la hoja, Área de la hoja, Longitud del Pecíolo, Altura del pseudotallo, Proporción de la hoja.***

Al tener establecidos los modelos y sus respectivos elementos (sill, efecto nugget, rango) se realiza la técnica de estimación llamada krigeado; y mediante mapas de estimaciones se obtiene representaciones de como están distribuidos espacialmente las observaciones, y obtener el comportamiento de los valores de una característica de interés alrededor de Pallatanga-Bucay, Zaruma-Loja.

## 5.1. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

En el capítulo 4 se realizó el análisis descriptivo de los datos, donde se pretende determinar si las variables estudiadas cumplen con los supuestos que se requiere para el uso de las técnicas de la estadística espacial, esto es que la distribución poblacional de la cual ha sido seleccionada la muestra siga una distribución normal, además que no existan datos atípicos o aberrantes, y la existencia de estacionariedad en las variables. En el caso de que las variables no hubiesen cumplido con alguna de las características mencionadas anteriormente se hubiera requerido realizar transformaciones para las variables con distribución diferente a la normal (en el caso del proyecto todas son normales).

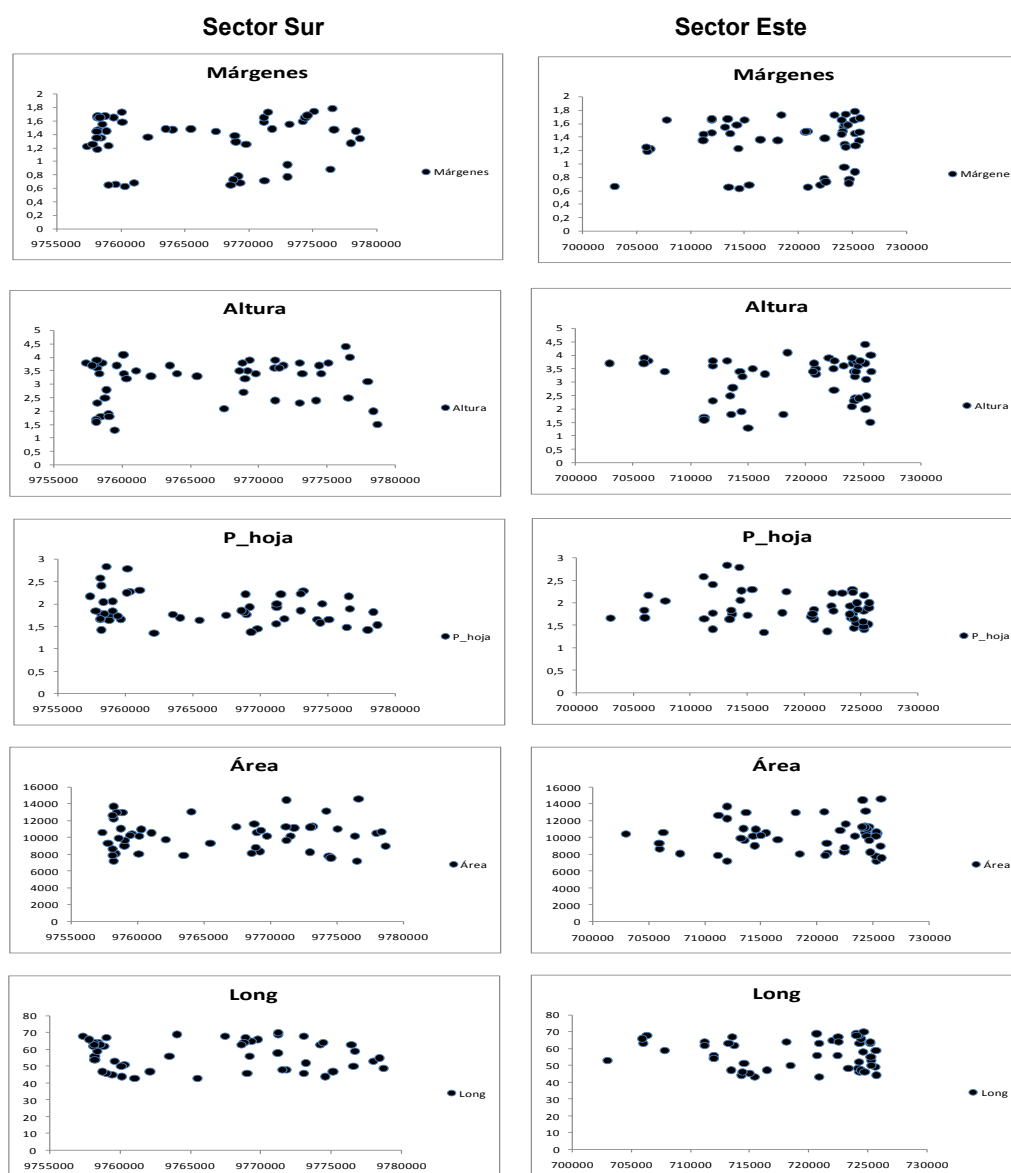
Para realizar el análisis estructural, que consiste en estudiar la variabilidad espacial de las características investigadas (*ancho del margen de la hoja, área de la hoja, Longitud del Pecíolo, altura del pseudotallo, proporción de la hoja*); y conociendo que se cumple con lo mencionado en el párrafo previo, se requiere analizar varios modelos, para el comportamiento de los datos evaluados en una función llamada Semivariograma, que se ajusten a algunos de los tipos del Variograma teórico.

## 5.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA LA LOCALIDAD: PALLATANGA – BUCAY

**Cuadro 5.18**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

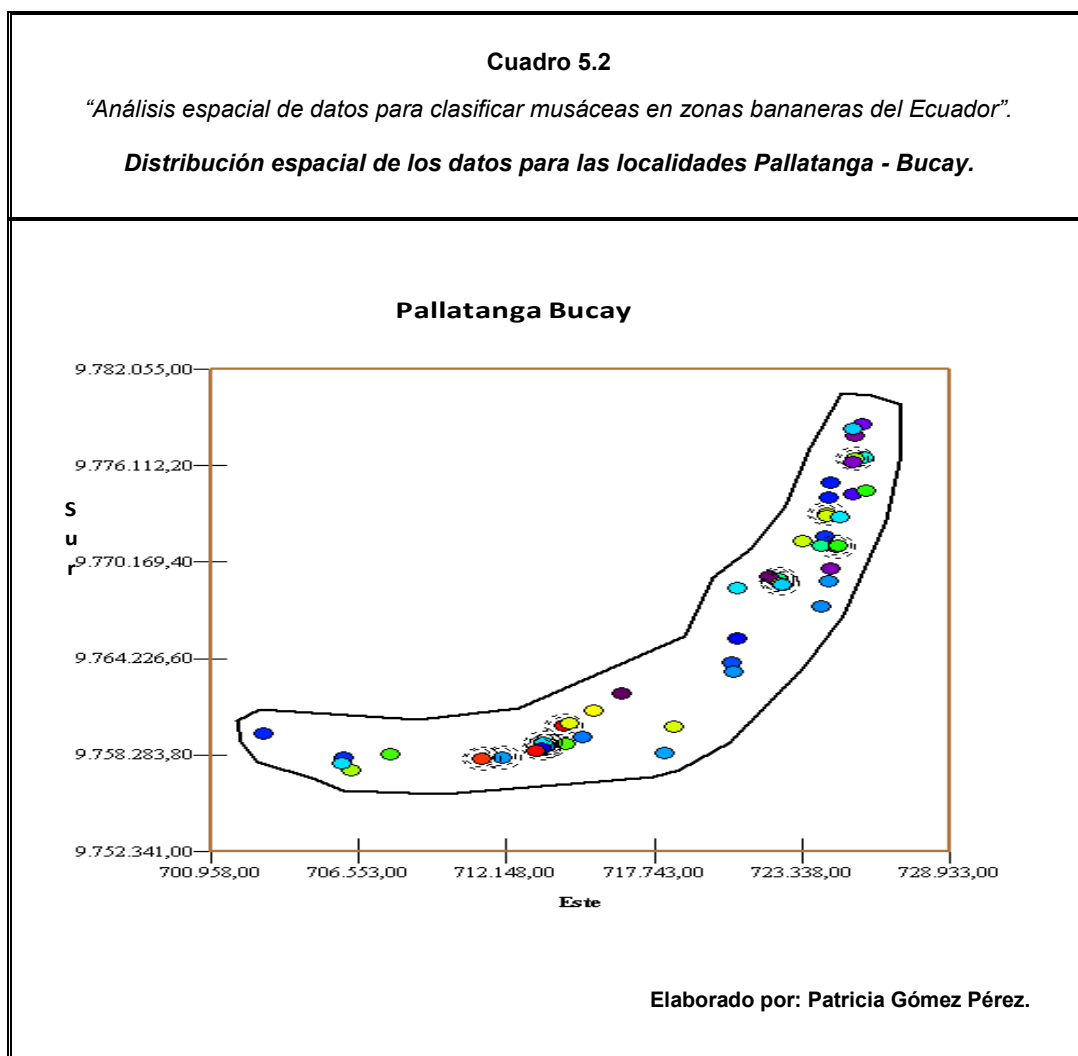
**Estacionariedad de las variables en los sectores Este y Sur en las localidades Pallatanga – Bucay.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.



**El cuadro 5.1.** Indica la existencia de estacionariedad para las variables estudiadas, ya que en ninguno de los sectores existe algún tipo de tendencia (creciente o decreciente), para cada una de ellas.

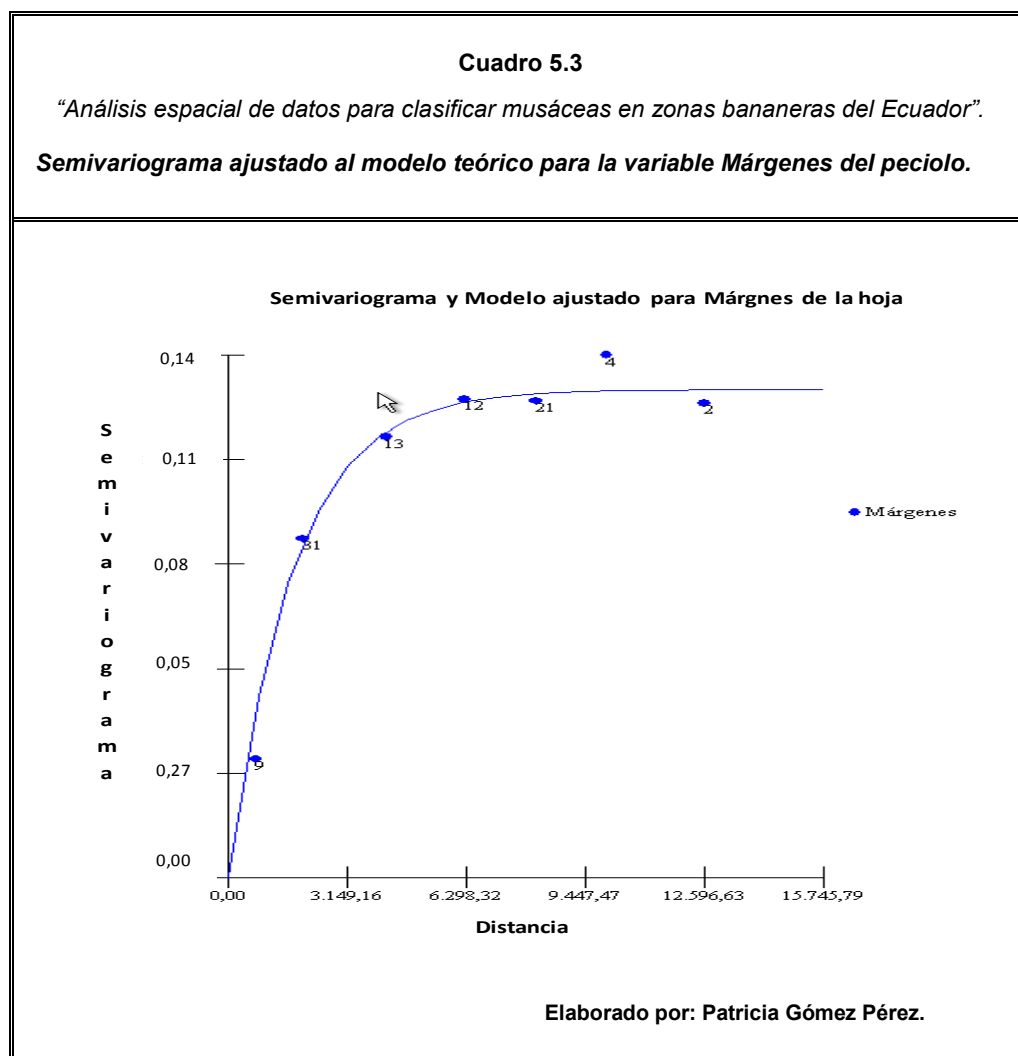


El cuadro **5.2** indica como se encuentran distribuidos espacialmente los datos en las localidades de Pallatanga – Bucay, estas observaciones están encerradas mediante un polígono, en donde las localidades cercanas o vecindades serán estimadas mediante la técnica de krigado

analizando la presencia o no de anisotropía ya sea zonal o regional. Para el caso de todas las variables se determinó la presencia de anisotropía híbrida (anisotropía zonal y regional), ya que al momento de buscar modelos teóricos que se ajusten al semivariograma se observó variaciones en el sill y en el rango, esto ocurría cada vez que se realizaron cambios en la dirección.

Con un mapa probabilístico se determinará las localidades, en donde se indica la incidencia de las plantas con las características que son de interés.

### 5.2.1. Variable: Ancho del margen de la hoja



En el cuadro **5.3** se muestra el modelo que mejor se ajusta a los ya conocidos variogramas teóricos, este comportamiento establecido a partir de los valores que tienen las observaciones involucradas en la variable y otros elementos; tales como distancia entre lags, número de lags, dirección y tolerancia.

Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como esférico, con una distancia entre lags de 2050 m, con un total de 6 lags, cuya dirección y tolerancia es de 76° y 8°, respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable márgenes de la hoja se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 0,126(1 - \exp(\frac{-3h}{1700})) \quad (5.1)$$

Este variograma de tipo Exponencial contiene un sill y un rango de 0,126 y 1700, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 0; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 100%.

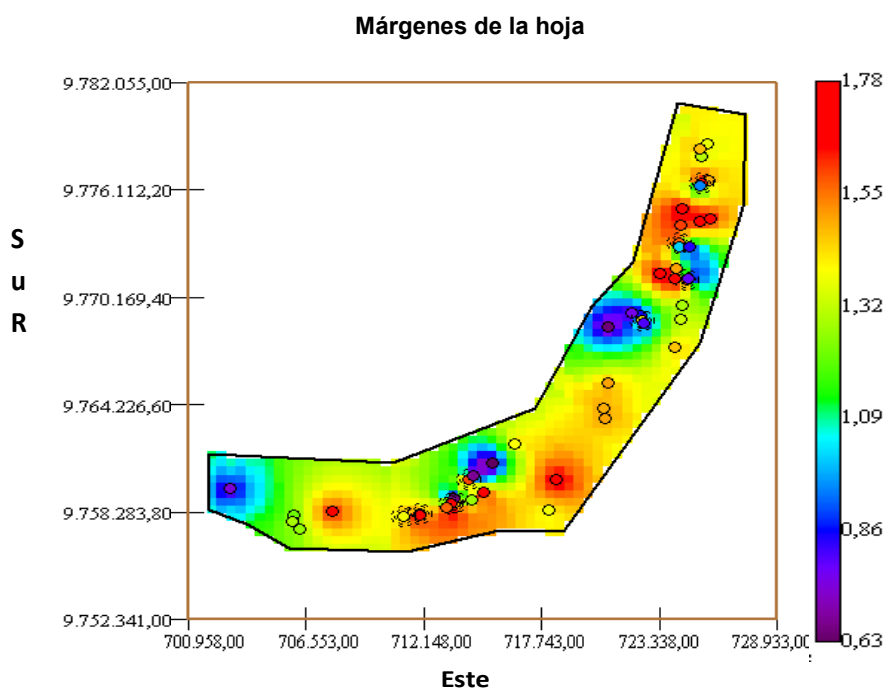
El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 1700, lo que nos dice que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 1700 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a los diferentes valores de los márgenes de las hojas, a partir de este valor las distintas medidas de los márgenes que tienen las hojas dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se realizaron las estimaciones espaciales para la característica que indica el margen de la hoja de las plantas, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2); se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.4**.

**Cuadro 5.4**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Márgenes de la hoja.**



Las estimaciones, en las diferentes localidades se las deduce mediante la combinación de colores, representados en el mapa, en donde el ancho del margen de la hoja decrece o es de menor longitud cuando la coloración del área estimada se aproxima a morado; mientras que si esta longitud incrementa la coloración tiende a ser rojiza.

La escala de colores tiene valores desde 0,63 hasta 1,78, esto indica la longitud de los márgenes en centímetros del ancho del margen de la hoja.

Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen un ancho en el margen de sus hojas superior a 1 centímetro, ya que provee información para identificar una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración de bioetanol.

El mapa de estimaciones (**cuadro 5.4**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen un ancho de margen de la hoja superior a 1 centímetro. Aquellos sectores que existen márgenes con los más altos valores están en:

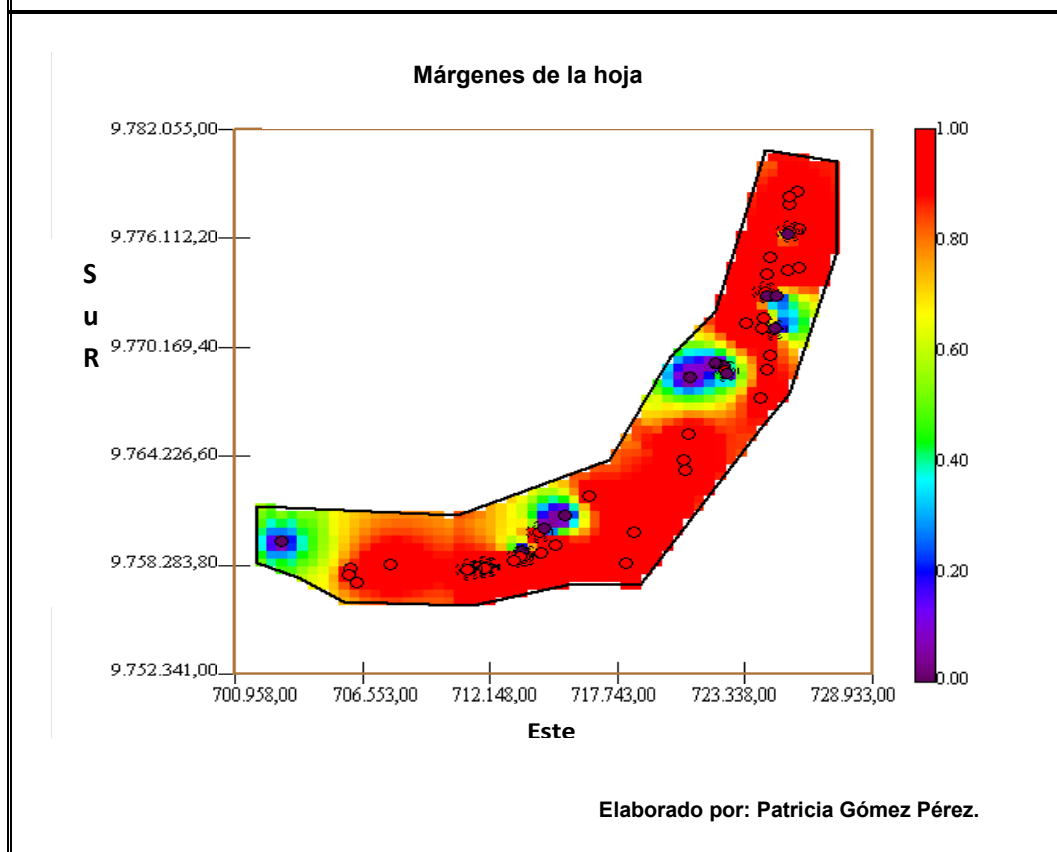
El primer sector con coordenadas (715510, 9757986); el segundo con coordenadas (723064, 9773939) y sus alrededores, alcanzando un ancho en los márgenes del peciolo de 1,53 centímetros.

En el resto de las localidades investigadas se hallan hojas cuyas márgenes del peciolo son inferiores a 1,53 centímetros, y en las cuatro localidades con coordenadas (703202, 9759338); (703202, 9759338); (703202, 9759338); (703202, 9759338), existen márgenes del peciolo que tienen valores inferiores a 1 centímetros, aunque esto se da con menor incidencia.

**Cuadro 5.5**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Márgenes de la hoja.**

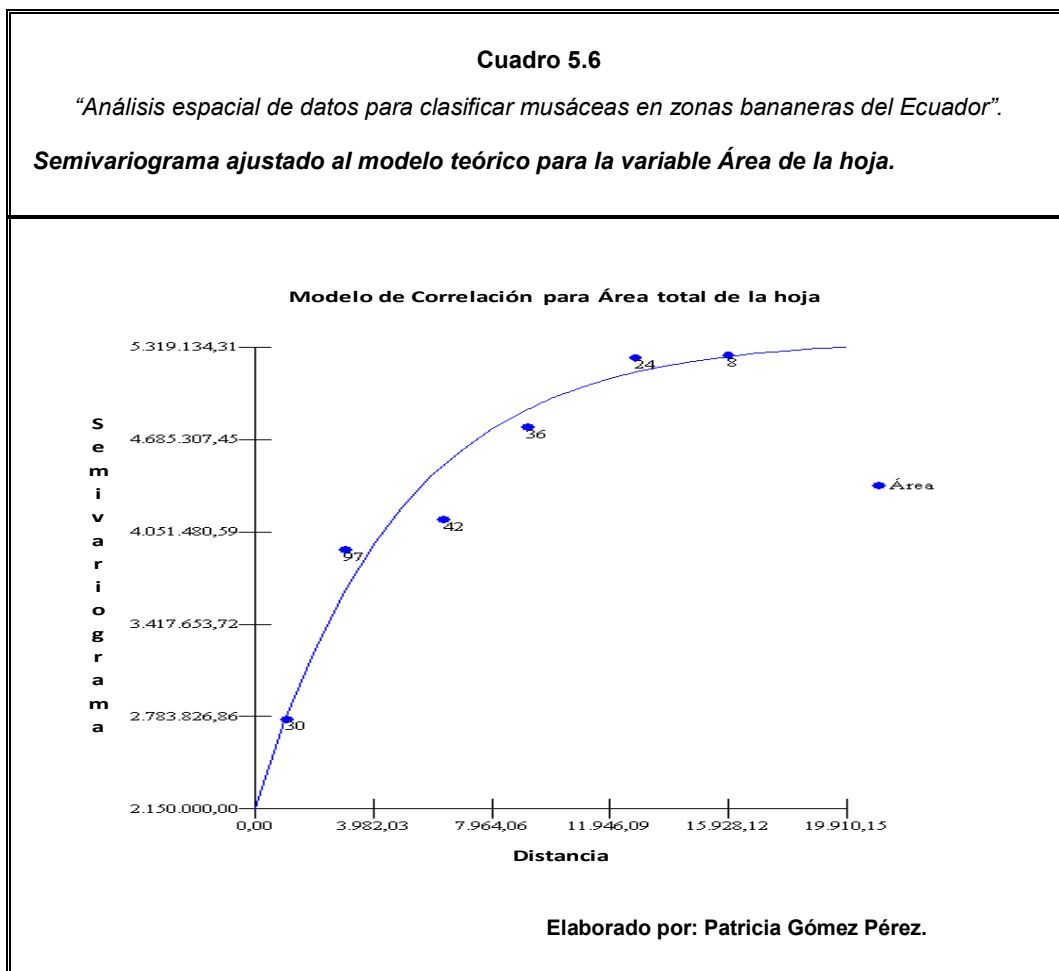


Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuyas márgenes de peciolo sean superiores a 1 centímetro, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.5**.

Se observa que es muy probable (aproximadamente 1 – color rojo) que los expertos en el estudio de variedades de musáceas encuentren peciolo con márgenes superiores a 1 centímetro en el sector de Pallatanga. Exceptuando en las localidades con coordenadas (703580, 9759680);

(715298,9761445); (721440,9769069), en donde las probabilidad de que localicen márgenes de peciolo superior a un centímetro es inferior a 0,40.

### 5.2.2. Variable: Área de la hoja.



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Exponencial, con una distancia entre lags de 3200 m, con un total de 5 lags, cuya dirección y tolerancia es de 25.5° y 5°, respectivamente.



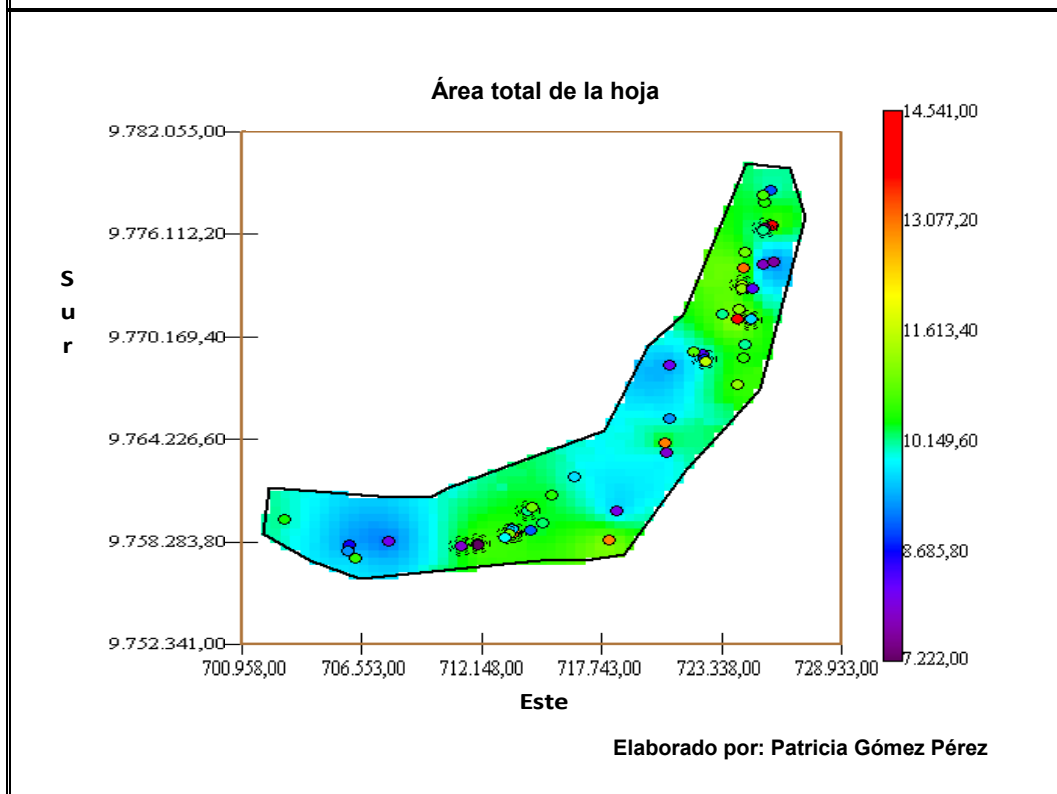
La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable área total de la hoja se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 2150000 + 3220000(1 - \exp(\frac{-3h}{4800})) \quad (5.2)$$

Este variograma de tipo Exponencial contiene un sill y un rango de 3220000 y 4800, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 2150000; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 60%.

El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 4800, lo que nos dice que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 4800 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a los diferentes valores del área total de las hojas, a partir de este valor las distintas medidas del área que tienen las hojas dejan de estar correlacionadas o de tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica el área de la hoja de las plantas, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.7**.

**Cuadro 5.7***“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.***Mapa de Estimaciones para Área total de la hoja.**

En la variable área de la hoja, la escala de colores tiene valores desde 7222 hasta 14541, que indican el área total de la hoja, en centímetros cuadrados. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen un área en sus hojas superior a 11000 centímetros cuadrados, ya que provee información para

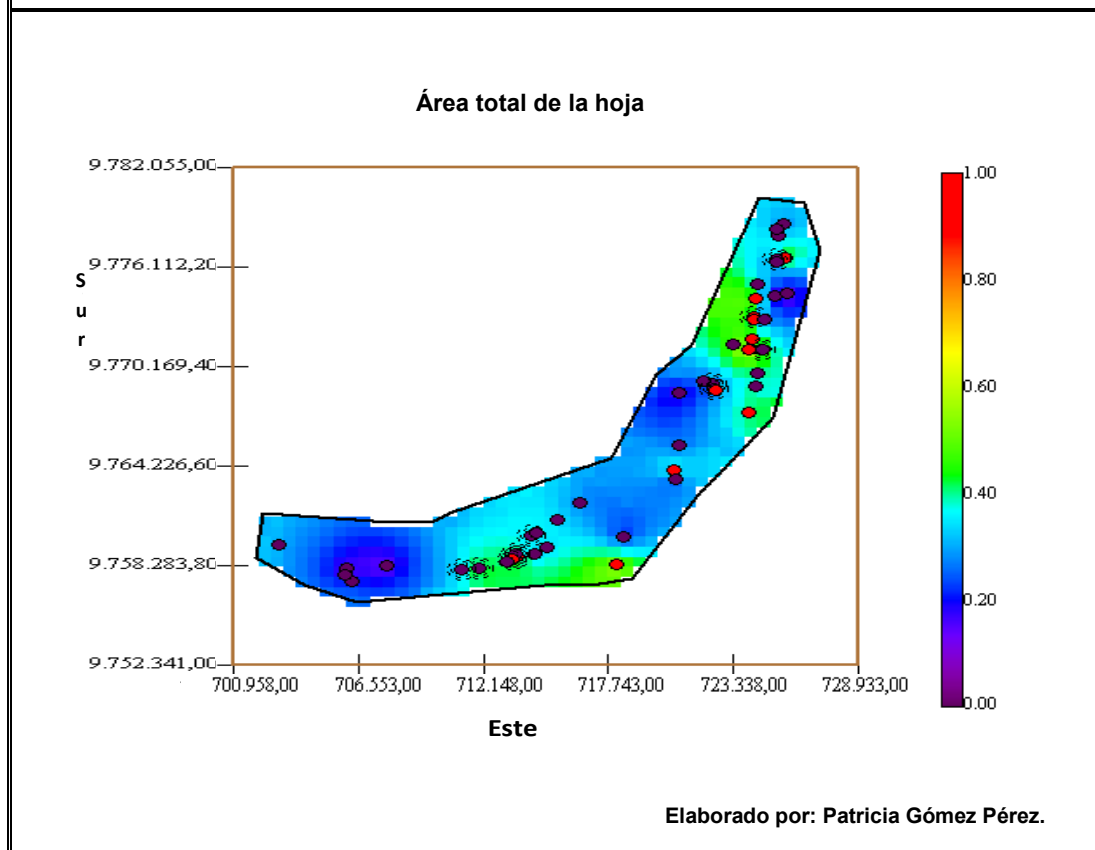
identificar una variedad de musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

El mapa de estimaciones (**cuadro 5.7**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen un ancho de margen de la hoja superior a 11000 centímetros cuadrados; excepto en los sectores con coordenadas (706545, 9758621), (720099, 9768927), (726311, 9774081), alcanzando un área con un valor de 9000 centímetros cuadrados.

**Cuadro 5.8**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Área total de la hoja.**



Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya área de las hojas sean superiores a 11000 centímetros cuadrados, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra. En el **cuadro 5.8.** se observa que en la mayoría de las localidades (entre 703298, 9759892 y 709722, 9759115; 715994, 9760598 y 723134, 9769775) del total de plantas analizadas, el 25% de las veces el área de la

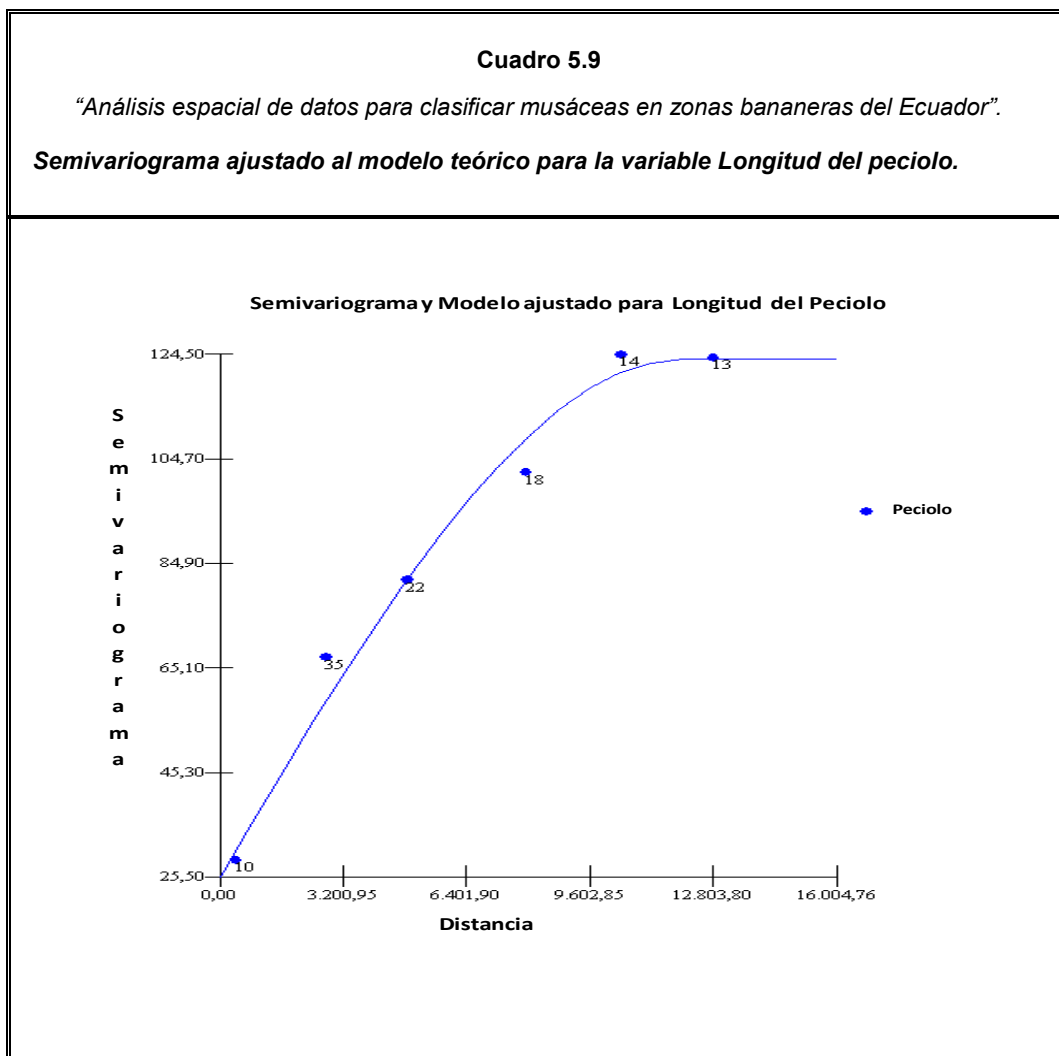
hoja es superior A 11000 centímetros cuadrados y en el resto de las localidades el porcentaje de ocurrencia es del 40%.

### 5.2.3. Variable: Longitud del Peciolo.

**Cuadro 5.9**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable Longitud del peciolo.**



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Esférico, con una distancia entre lags de 2600 m, con un total de 5 lags, cuya dirección y tolerancia es de 52.14° y 12°, respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable longitud del peciolo se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 25,5 + 98\left(\frac{3}{2}\left(\frac{h}{1200}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{1200}\right)^3\right) \quad (5.3)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 98 y 12000, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 25,5; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 80%.

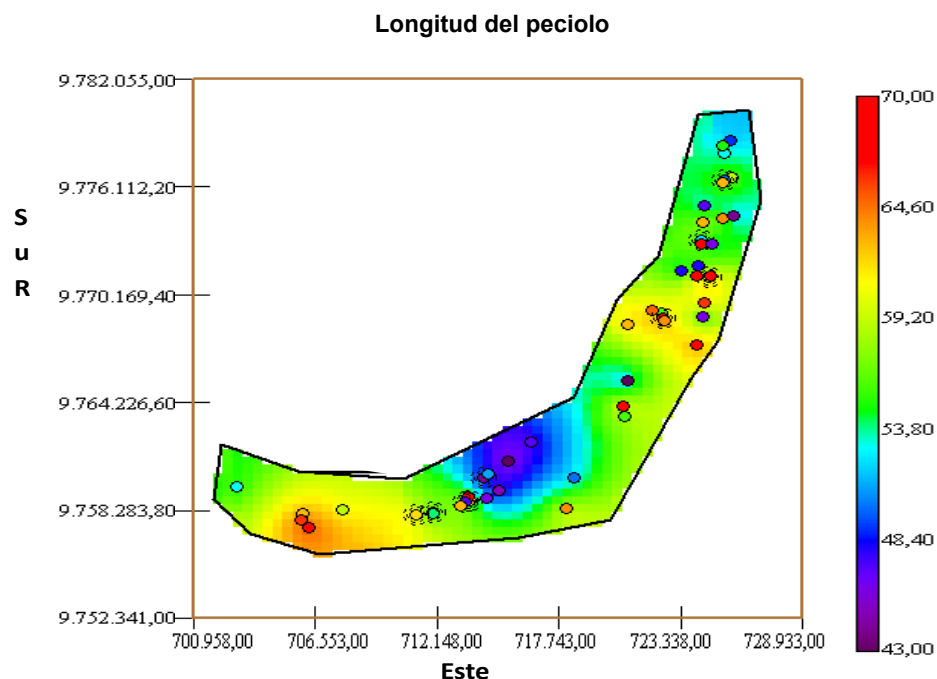
El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 12000, lo que nos dice que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 12000 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a los diferentes longitudes que tienen los peciolo de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas del peciolo dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica la longitud del peciolo, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.10**.

**Cuadro 5.10**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Longitud del peciolo.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En la variable Longitud del peciolo, la escala de colores tiene valores desde 43 hasta 70, que indican la longitud en centímetros del peciolo. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la longitud del

pecíolo superior a 50 centímetros, ya que provee información para identificar una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

El mapa de estimaciones (**cuadro 5.10**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen una longitud de pecíolo superior a 50 centímetros; en donde aquellos sectores que existen pecíolos con longitudes mayores están en:

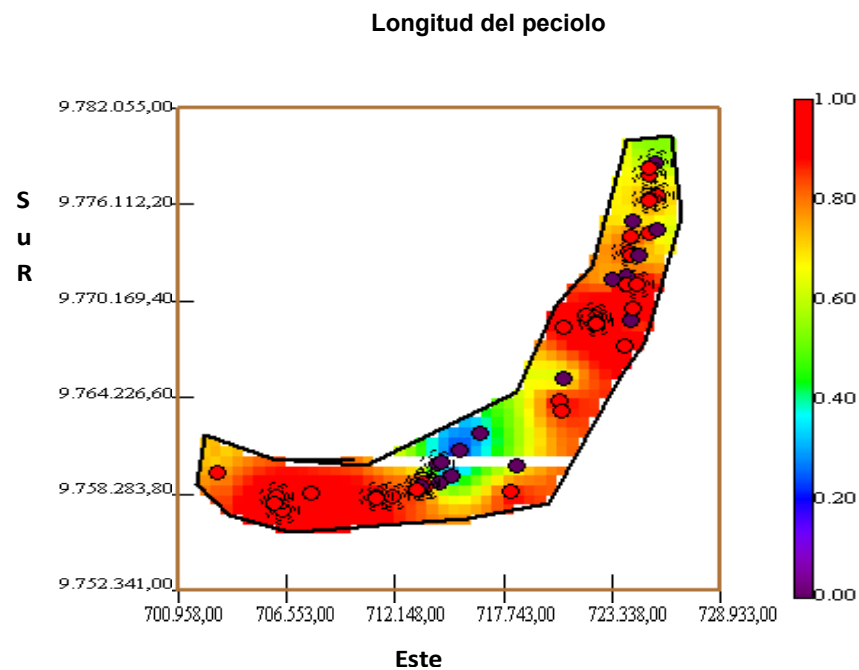
El primer sector con coordenadas (722499, 9768433), alcanza un valor de 60 centímetros; el segundo con coordenadas (706051, 9756786) alcanzando longitud en el pecíolo de 63 centímetros. En el resto de las localidades investigadas se hallan hojas cuyas longitudes del pecíolo son inferiores a 63 centímetros, y en una localidad con coordenadas (715863, 9762221), existen longitudes que tienen valores inferiores a 50 centímetros, aunque esto se da con menor incidencia.



**Cuadro 5.11**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Longitud del peciolo.**



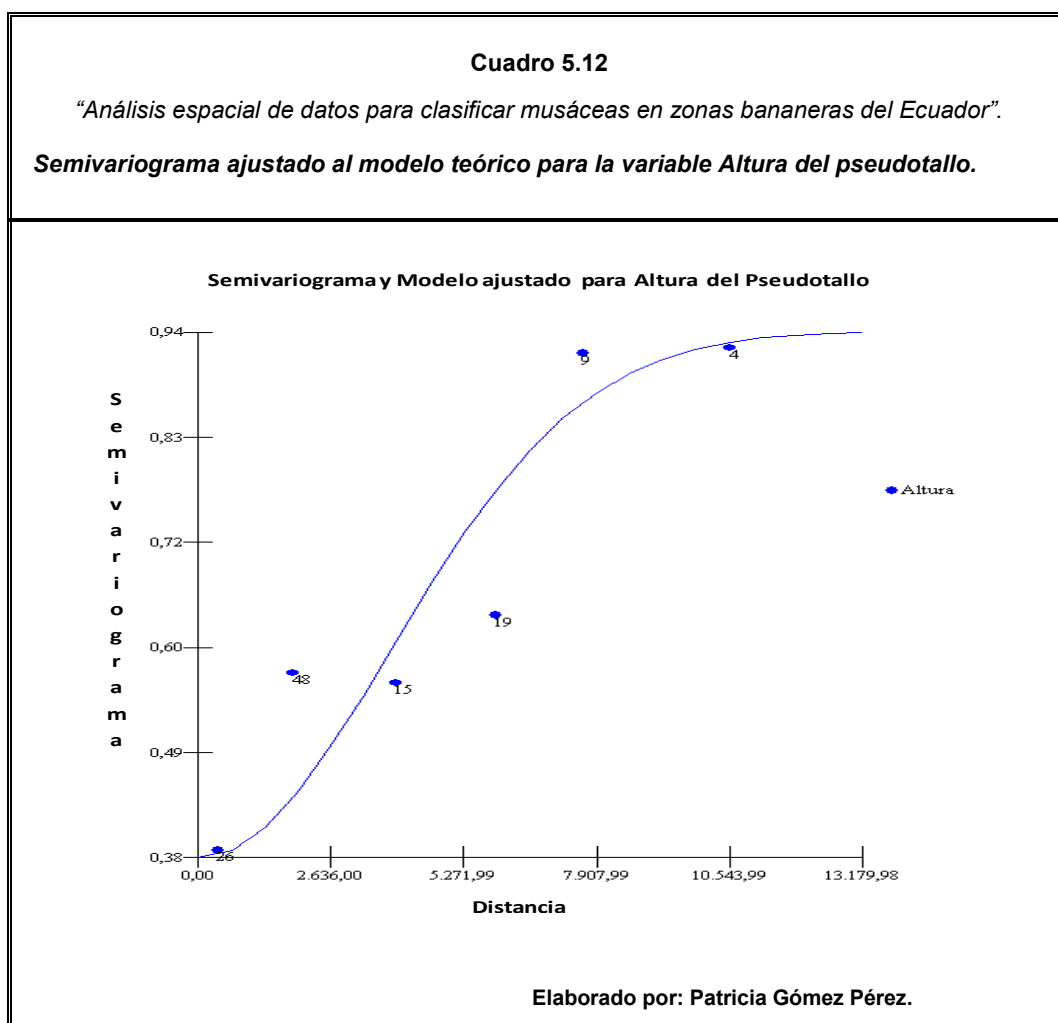
Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya longitud del peciolo sea superior a 50 centímetros, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.11**.

Se observa que en la mayoría de las localidades del total de las plantas analizadas, el 60% o más de las veces las longitudes del peciolo serán mayores a 50 centímetros.

Exceptuando en el sureste del mapa (728999, 95855885), en donde en un sector pequeño la posibilidad de encontrar longitudes superiores es de 0.3 o el 30%.

#### 5.2.4. Variable: Altura del Pseudotallo.



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Gaussiano, con una distancia entre lags de 2000 m, con un total de 5 lags, cuya dirección y tolerancia es de 89.25° y 70°, respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable altura del pseudotallo se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 0,38 + 0,56(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{5400})^2) \quad (5.4)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 0,56 y 5400, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 0,38; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 60%.

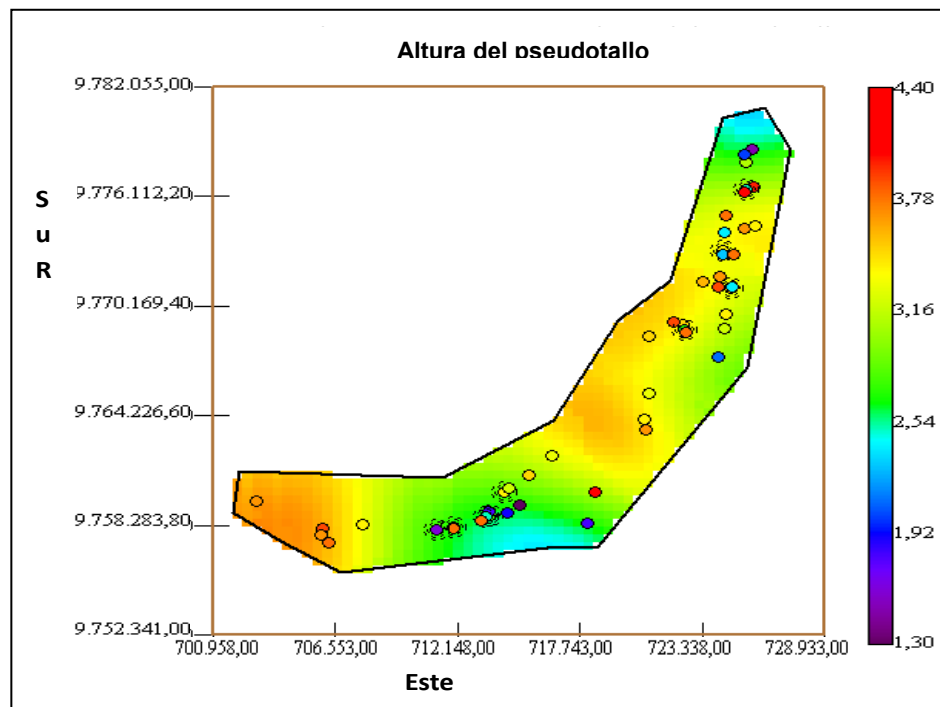
El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 5400, lo que nos dice que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 5400 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a las diferentes alturas del pseudotallo de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas de los pseudotallos dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica altura del pseudotallo, esto se lo realiza mediante la técnica de kriging (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.13**.

**Cuadro 5.13**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Altura del pseudotallo.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

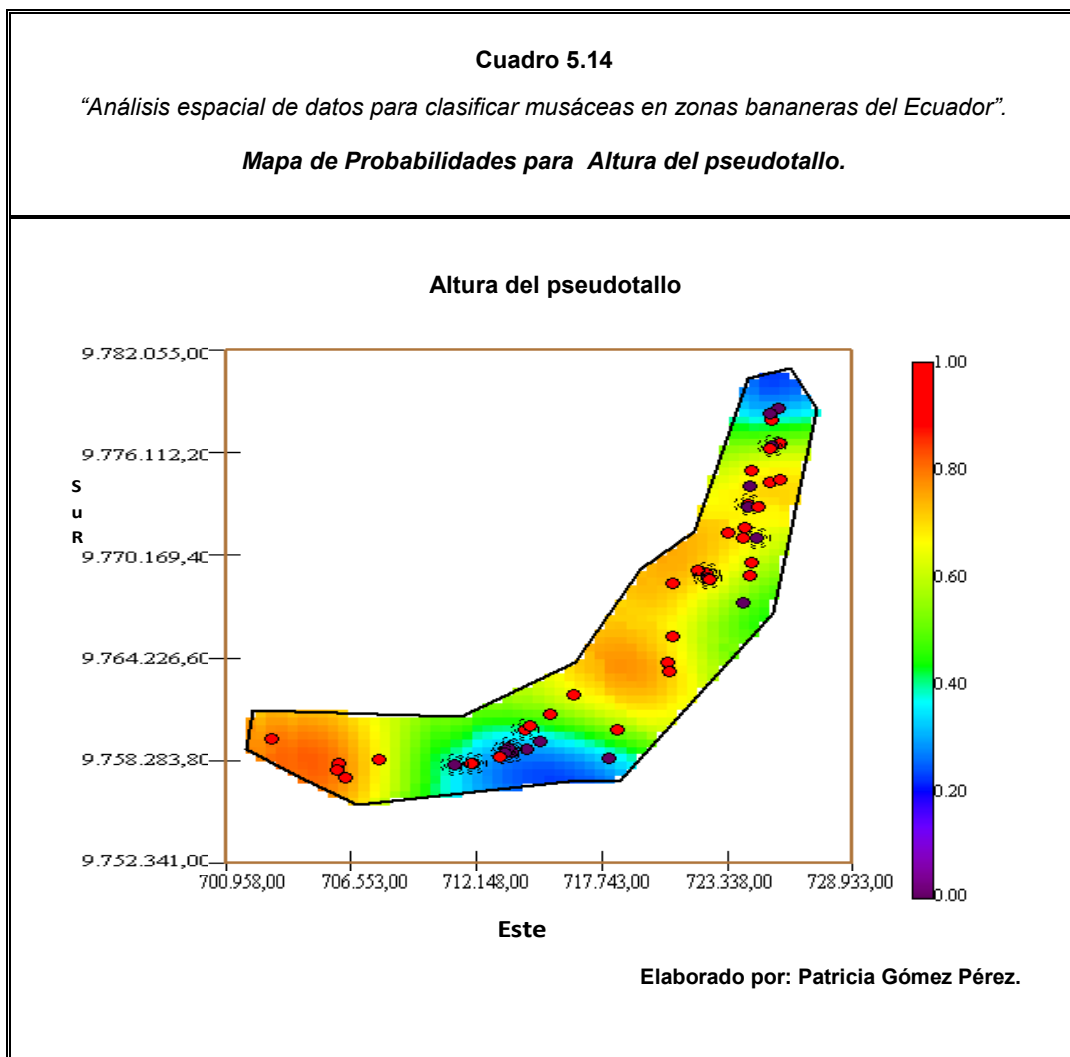
En la variable Altura del pseudotallo, la escala de colores tiene valores desde 1.3 hasta 4.40. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la altura del pseudotallo superior a 3 metros, ya que provee información para identificar

una variedad de musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

El mapa de estimaciones (**cuadro 5.13**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen una altura del pseudotallo superior a 3 metros; en donde aquellos sectores que existen alturas con los mayores valores están en:

El primer sector con coordenadas (704780, 9759045), el segundo con coordenadas (720169, 9767021) alcanzan alturas del pseudotallo de 3,40 metros. En el resto de las localidades investigadas se hallan pseudotallos cuyas alturas son inferiores a 3,40 centímetros, y en dos localidades con coordenadas (714451, 9756786) y (726099, 9779728), existen longitudes que tienen valores inferiores a 3 metros, aunque esto se da con menor incidencia.

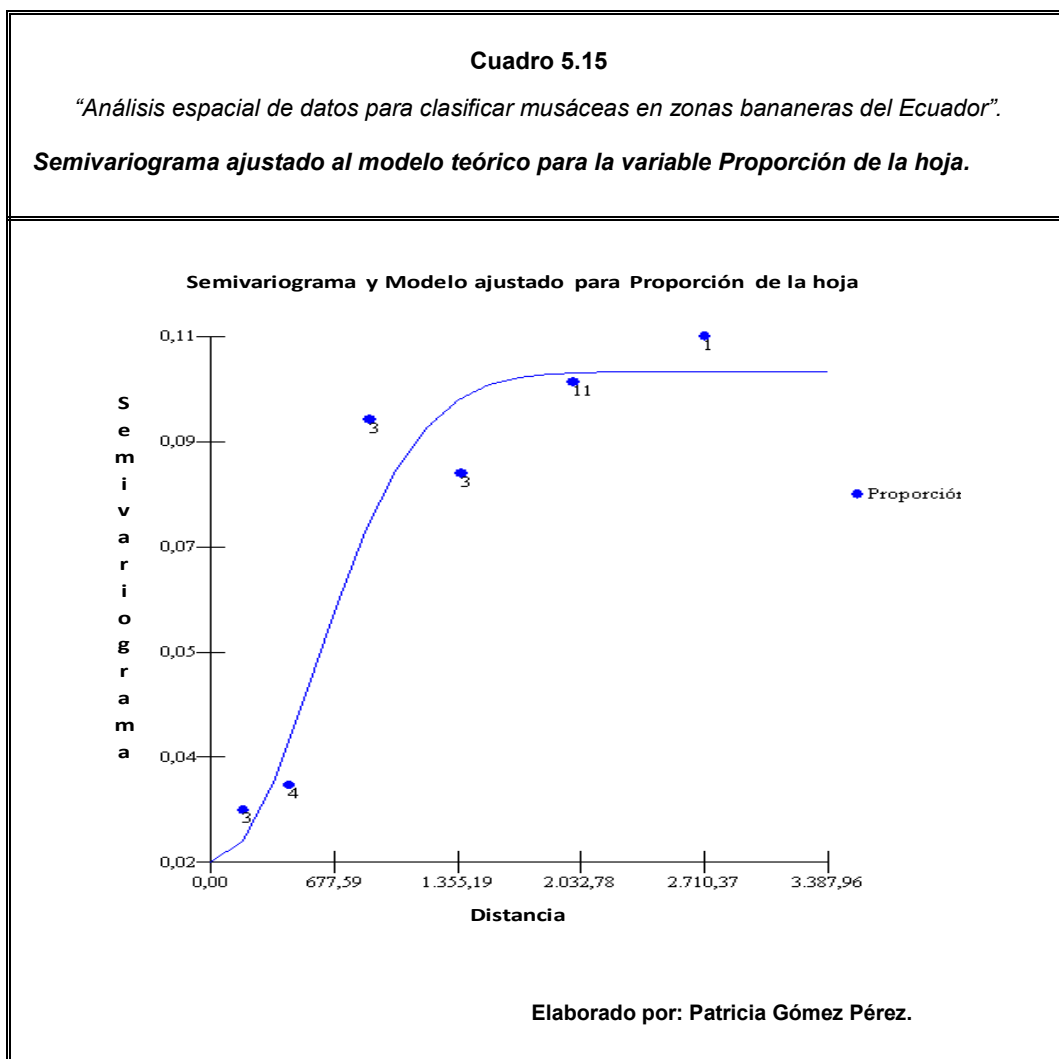


Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya altura del pseudotallo sean superiores a 3 metros, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.14**.

Se observa que en el 60% y 70% de las veces se encontrarán plantas con alturas superiores a 3 metros; este comportamiento se da en las zonas Suroeste y en la central-norte, y las localidades con menos posibilidad de

encontrar plantas con alturas superiores a 3 metros, están en las zonas Sureste (714381, 9758056) y Noreste (725675, 9779446) con un 20%.

#### 5.2.5. Variable: Proporción de la hoja.



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Esférico, con una distancia entre lags de 500, con un total de 6 lags, cuya dirección y tolerancia es de  $157.75^\circ$  y  $16^\circ$ , respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable proporción de la hoja se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 0,02 + 0,08(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{800})^2) \quad (5.5)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 0,08 y 800, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 0,02; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 81%.

El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 800, lo que nos dice que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 800 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a las diferentes proporciones que tienen las hojas de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas de las hojas dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

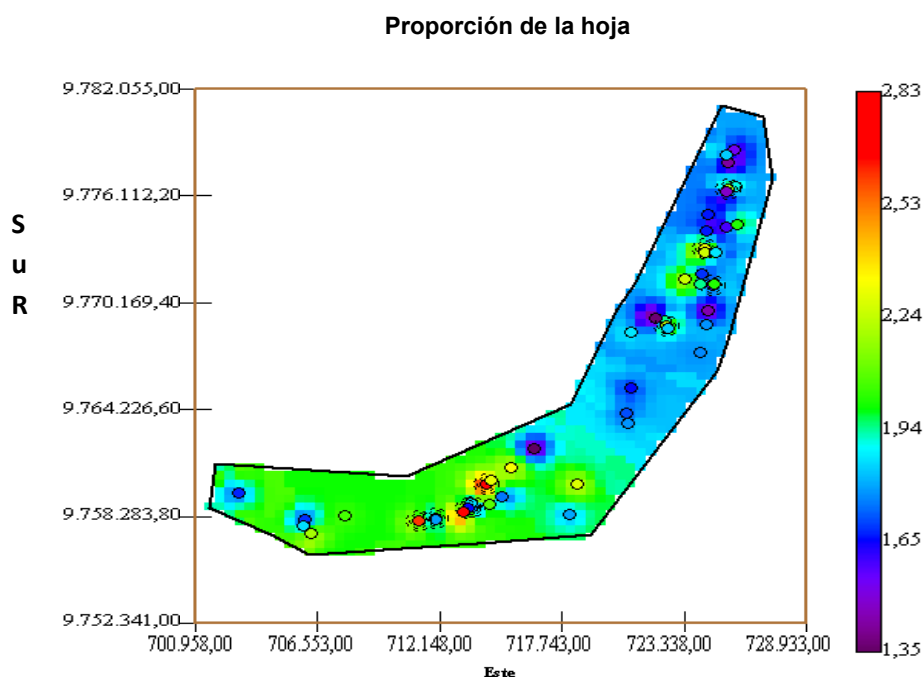
Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica la proporción de la hoja, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.16**.



**Cuadro 5.16**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Proporción de la hoja.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En la variable Proporción de la hoja, la escala de colores tiene valores desde 1,25 hasta 2,83. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la proporción de la hoja superior a 2 (el doble del ancho de la hoja), ya que provee

información para identificar una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

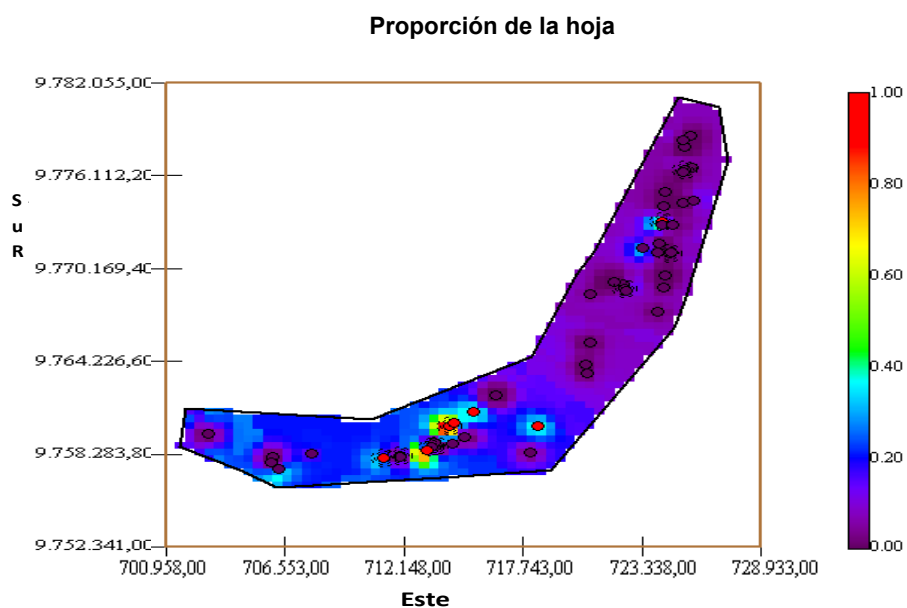
El mapa de estimaciones (**cuadro 5.16**) indica que en la mitad de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que tienen de largo el doble del ancho de la hoja; en donde aquellos sectores que existen proporciones con los mayores valores están en:

El sector con coordenadas (702168, 9759750) y (719181, 9763280), el largo de las hojas son dos veces el ancho de la hoja; y en entre las localidades con coordenadas, (719181, 9763280) y (726311, 9779587) existen longitudes que tienen valores inferiores.

**Cuadro 5.17**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Proporción de la hoja.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya proporción de las hojas sean superiores a 2, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.17**.

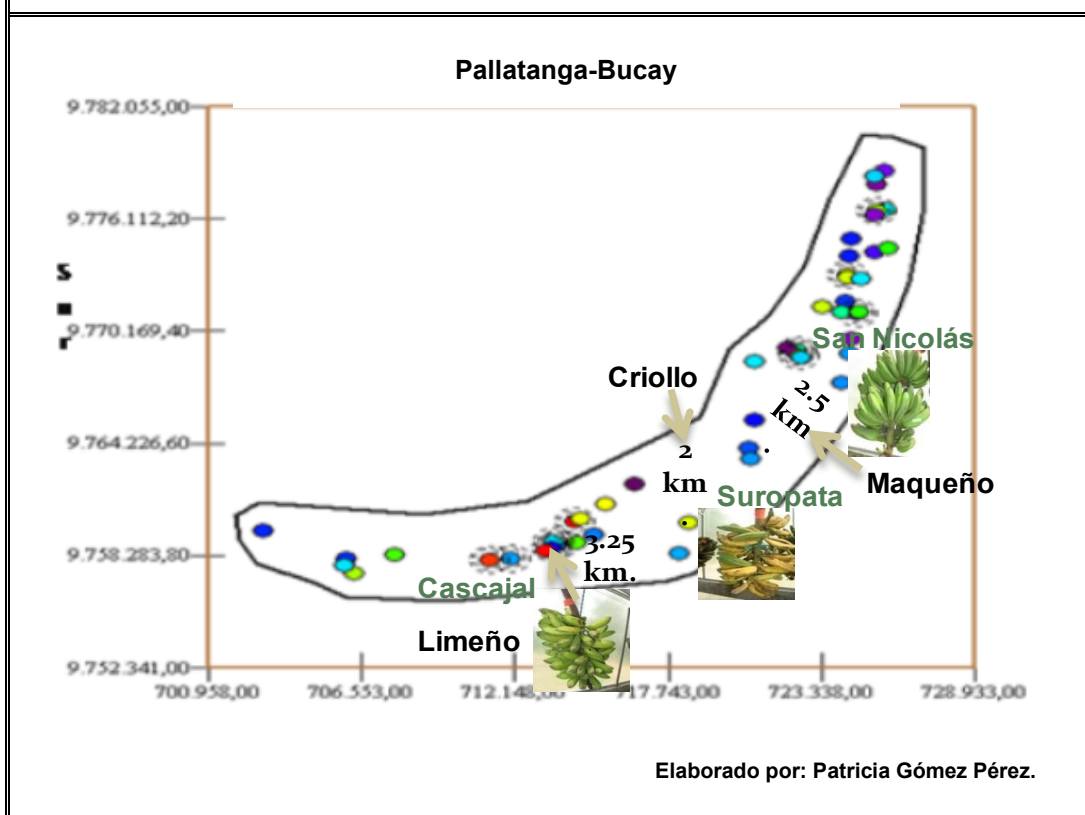
Se observa que en la mayoría de las localidades la probabilidad de encontrar plantas con proporciones superiores a 2 es muy baja, esto es que a lo mucho el 20% de las observaciones serán de plantas con proporciones de hojas de 2 en adelante.

### 5.2.6. Clasificación y localización espacial de musáceas en Pallatanga – Bucay.

**Cuadro 5.18**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de localidades de variedades de interés.**



La identificación geográfica de las plantas (banano, plátano) se la realiza mediante los mapas de estimaciones, interceptando aquellas áreas donde haya plantas cuyos descriptores tengan valores aproximados al de las variedades de interés para los descriptores o variables investigadas: altura

del pseudotallo, área de la hoja, longitud del peciolo, márgenes del peciolo y en la proporción de la hoja.

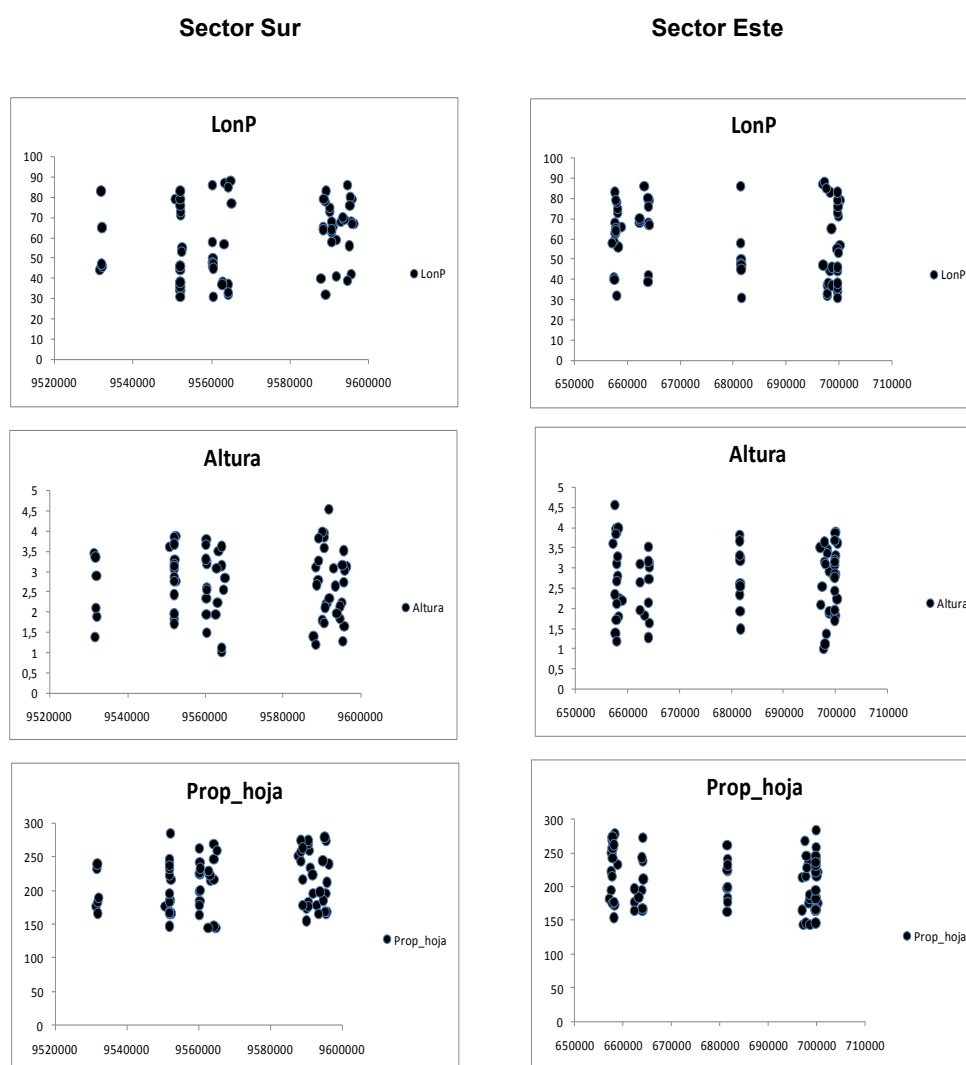
En el **cuadro 5.18** se observa que la variedad limeño (musa acuminata x balbisiana) se da en un área aproximada de 10.56 km<sup>2</sup> cercana al sector de Cascajal. En el caso de la variedad maqueño (musa acuminata x balbisiana), existe un área de 6.25 km<sup>2</sup> cercana a la localidad de Suropata donde se puede encontrar este tipo de fruto, y la variedad de banano criollo tiene un área de 4 km<sup>2</sup> en el sector de San Nicolás, todas ellas con las características fisiológicas requeridas para la obtención de biomasa.

### 5.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA LA LOCALIDAD: ZARUMA – LOJA.

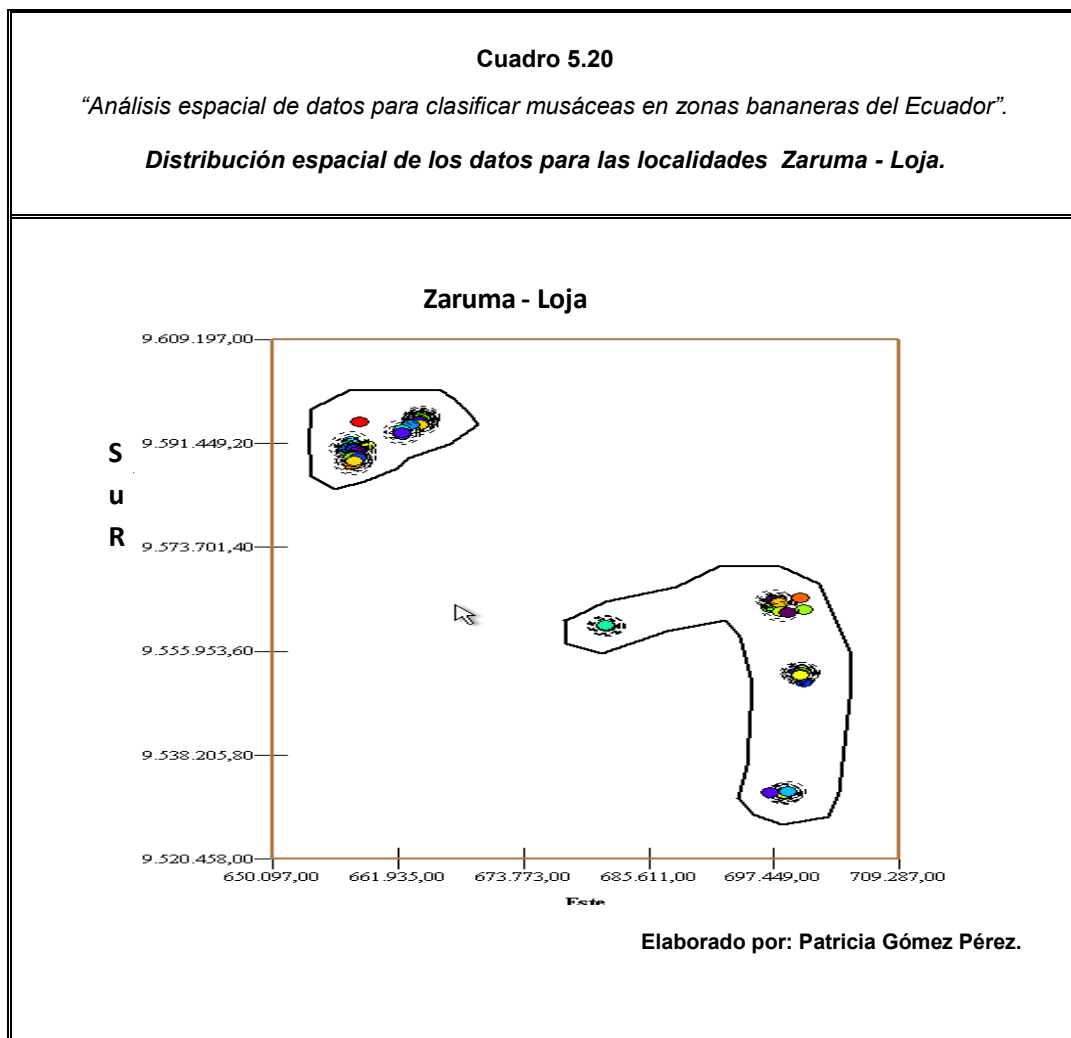
**Cuadro 5.19**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Estacionariedad de las variables en los sectores Este y Sur en las localidades Zaruma - Loja.**



El **Cuadro 5.19**. Indica la existencia de estacionariedad para las variables estudiadas, ya que en ninguno de los sectores existe algún tipo de tendencia (creciente o decreciente), para cada una de ellas.



El cuadro **5.20** indica como se encuentran distribuidos espacialmente los datos en las localidades de Zaruma – Loja, estas observaciones están encerradas mediante un polígono, en donde las localidades cercanas o vecindades serán estimadas mediante la técnica de krigeado analizando la

presencia o no de anisotropía ya sea zonal o regional. Para el caso de todas las variables se determinó la presencia de anisotropía híbrida (anisotropía zonal y regional), ya que al momento de buscar modelos teóricos que se ajusten al semivariograma se observó variaciones en el sill y en el rango, esto ocurría cada vez que se realizaron cambios en la dirección.

Con un mapa probabilístico se determinará las observaciones las localidades, en donde se indica la incidencia de las plantas con las características de interés.

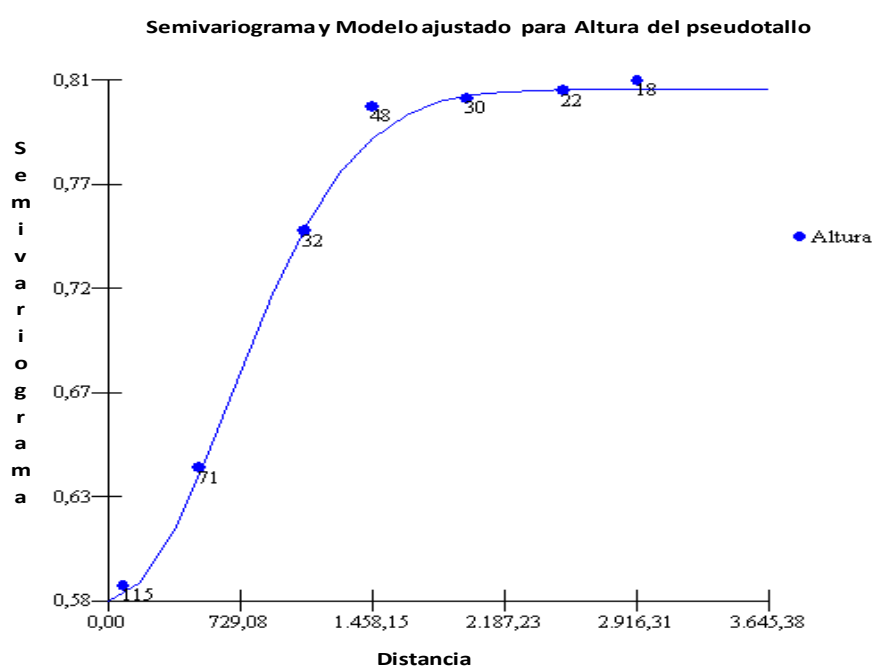


### 5.3.1. Variable: Altura del Pseudotallo.

**Cuadro 5.21**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable Altura del pseudotallo.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Gaussiano, con una distancia entre lags de 500 m, con un total de 6 lags, cuya dirección y tolerancia es de  $171^\circ$  y  $53.85^\circ$ , respectivamente.

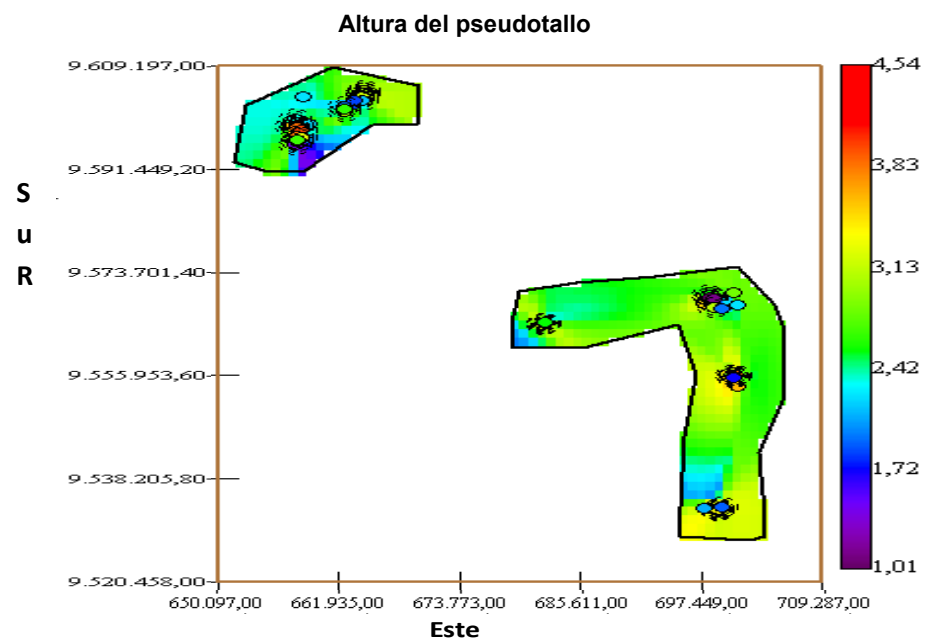
La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable altura del pseudotallo se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = 0,58 + 0,23(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{950})^2) \quad (5.1)$$

Este variograma de tipo Gaussiano contiene un sill y un rango de 0,23 y 950, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 0,58, este indica la parte del modelo que no es explicada.

El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 950 m, lo que nos dice que en las regiones Loja-Zaruma hasta los 950 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a las diferentes alturas del pseudotallo de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas de los pseudotallos dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica altura del pseudotallo, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del **cuadro 5.22**.

**Cuadro 5.22***“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.***Mapa de Estimaciones para Altura del pseudotallo.**

Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En la variable Altura del pseudotallo, la escala de colores tiene valores desde 1,01 hasta 4,54, que indican la altura en metros del pseudotallo. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la altura del pseudotallo superior a 3 metros, ya que provee información para identificar

una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

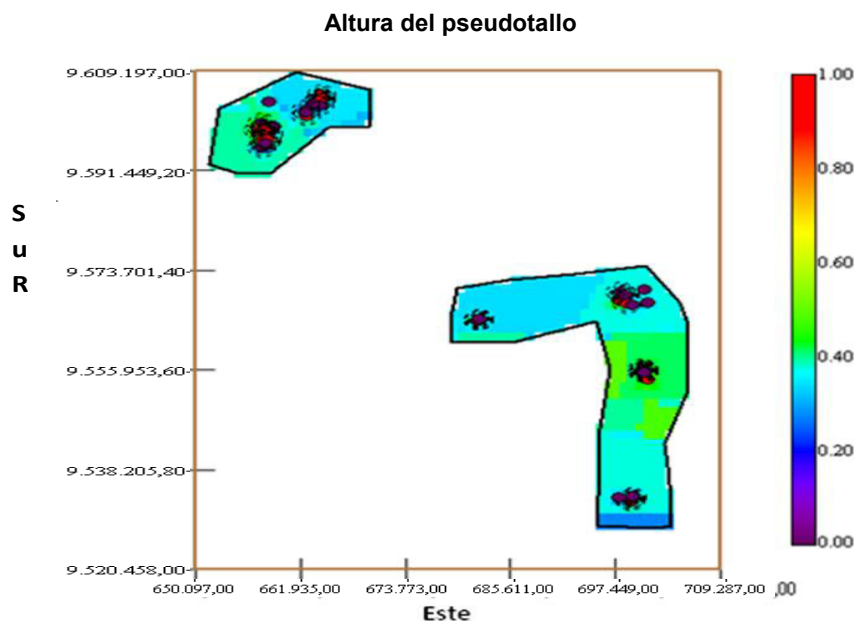
El mapa de estimaciones (**cuadro 5.22**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen una altura del pseudotallo de 3 metros, aproximadamente; en donde aquellos sectores que existen alturas mayores están en:

El primer sector con coordenadas (700553, 9530533), alcanza alturas del pseudotallo de 3,20 metros. En el resto de las localidades investigadas se hallan pseudotallos cuyas alturas son inferiores a 3,20 centímetros, y en una localidad con coordenadas (658164, 9586607), existen longitudes que tienen valores inferiores a 3 metros, aunque esto se da con menor incidencia.

**Cuadro 5.23**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Altura del pseudotallo.**

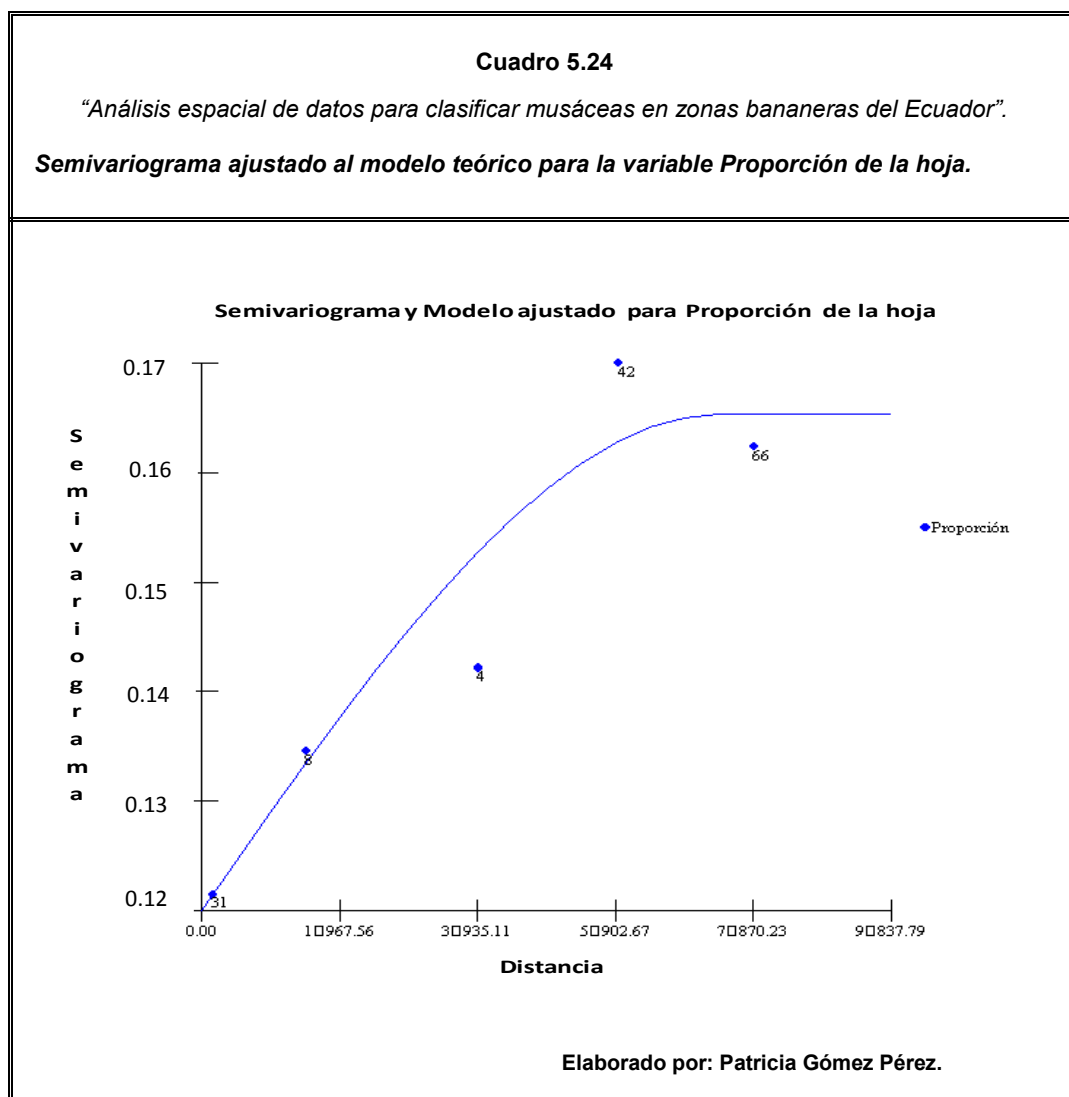


Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya altura del pseudotallo sean superiores a 3 metros, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.23**.

Se observa que a lo mucho en el 50% de las observaciones son plantas con alturas superiores a 3 metros; este comportamiento se da en todas las zonas de Zaruma -Loja menos. El lugar donde existe menos posibilidad de encontrar plantas con alturas superiores a 3 metros están en las zonas Sureste (697449, 9528456) con un 20% aproximado.

### 5.3.2. Variable: Proporción de la hoja.



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Esférico, con una distancia entre lags de 2000 m, con un total de 6 lags, cuya dirección y tolerancia es de 55° y 10°, respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable proporción de la hoja se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = 0,12 + 0,048\left(\frac{3}{2}\left(\frac{h}{7400}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{7400}\right)^3\right) \quad (5.1)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 0,048 y 7400, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 0,12, este indica la parte del modelo que no es explicada.

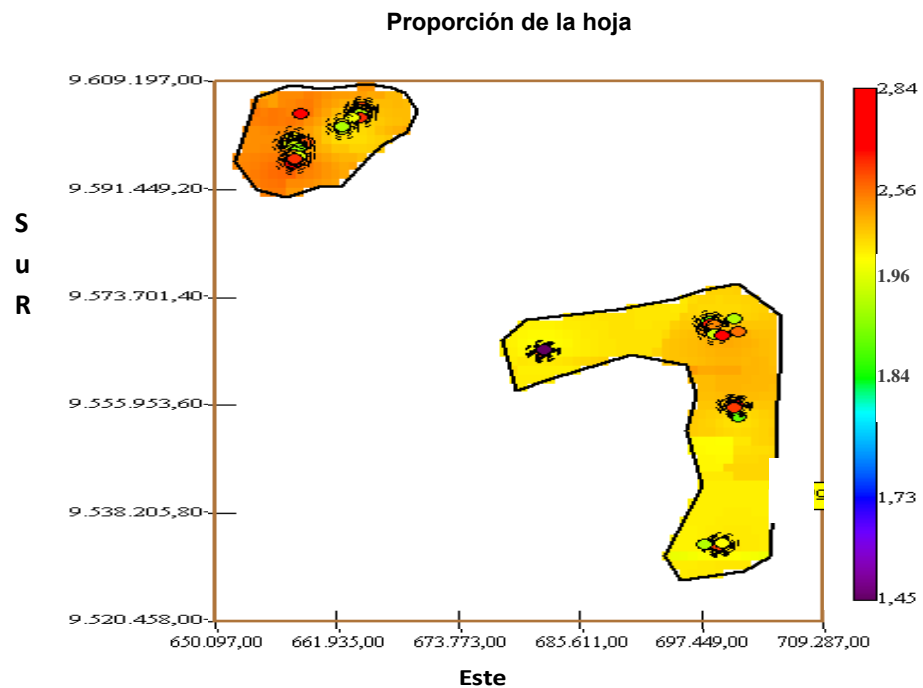
El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 7400, lo que nos dice que en las regiones Zaruma-Loja hasta los 7400 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a los diferentes proporciones que tienen las hojas de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas de las hojas dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica la proporción de la hoja, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.25**.

**Cuadro 5.25**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Proporción de la hoja.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En la variable Proporción de la hoja, la escala de colores tiene valores desde 1,45 hasta 2,84, que indican la proporción en metros de de la hoja. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la proporción de la hoja superior a 2 (el doble del ancho de la hoja), ya que provee



información para identificar una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración de este combustible natural.

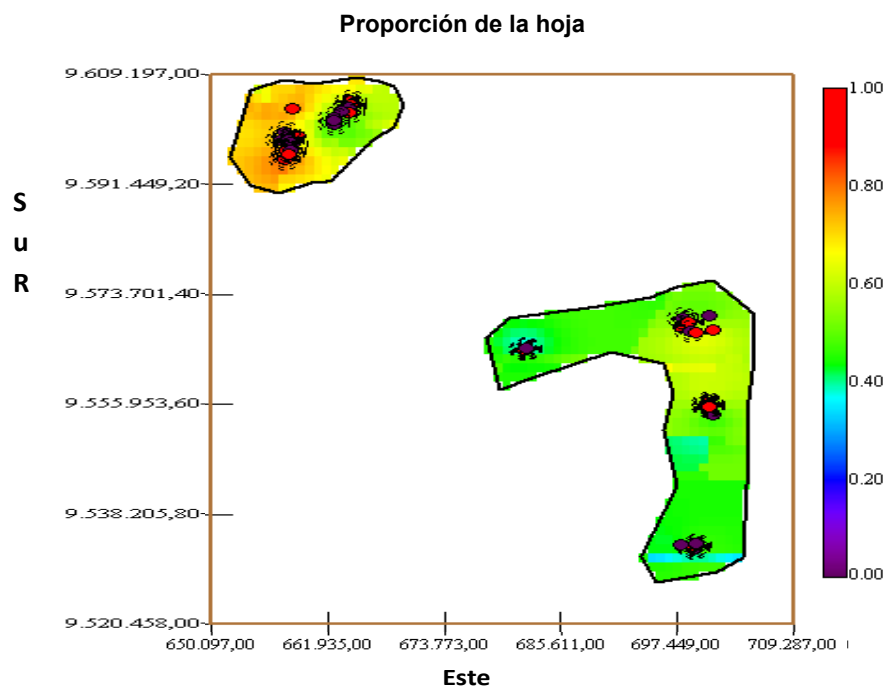
El mapa de estimaciones (**cuadro 5.25**) indica que en todas las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que tienen de largo el doble de su ancho de la hoja; en donde el sector en donde existen proporciones con los mayores valores están en:

El sector con coordenadas (658164, 9592281), el largo de las hojas son dos veces el ancho de la hoja; el resto tienen proporciones de 2 (altura con el doble del ancho de la hoja) o más.

**Cuadro 5.26**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Probabilidades para Proporción de la hoja: Zaruma - Bucay**



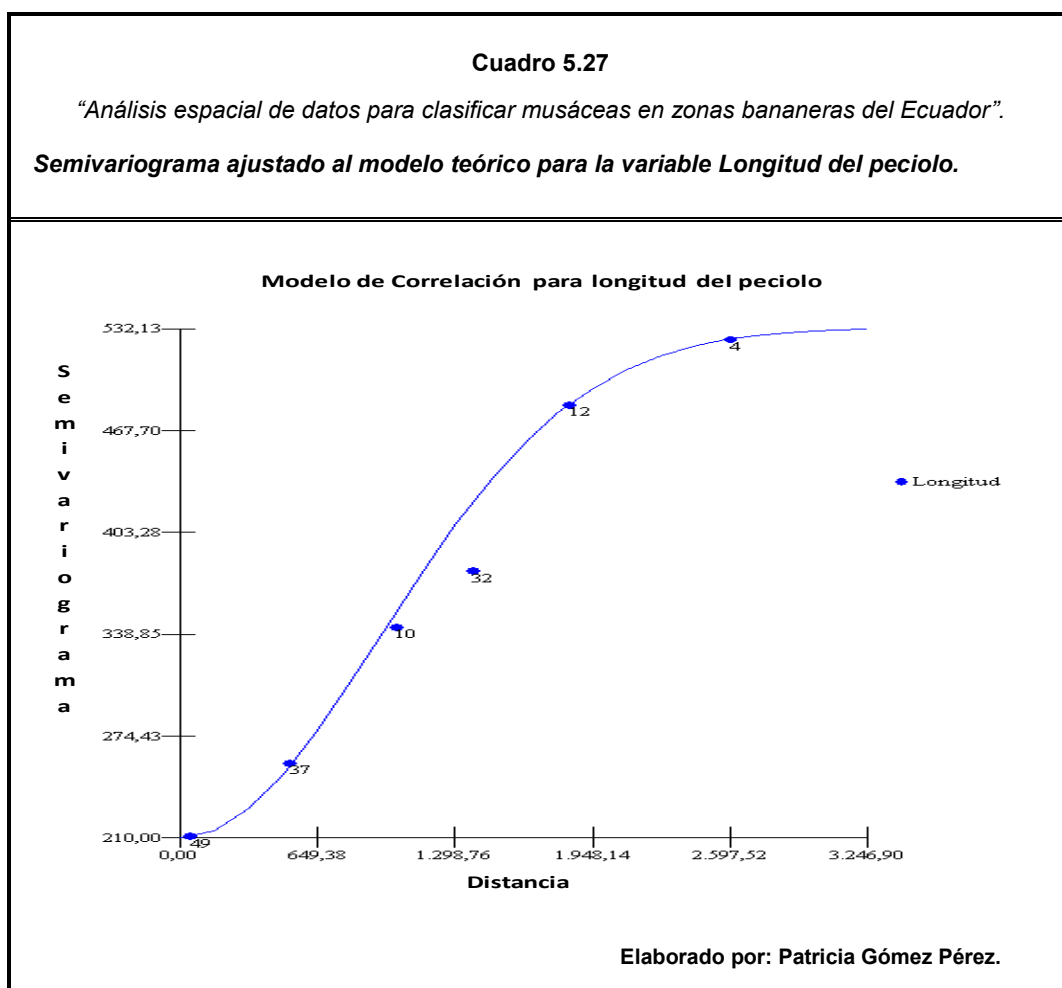
Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya proporción de las hojas sean superiores a 2 (la longitud es el doble del ancho), se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.26**.

Se observa que en la mayoría de las localidades la probabilidad de encontrar plantas con proporciones superiores a 2 es del 0.50, esto el

sector Noroeste es más probable encontrar plantas que tengan el doble de largo de la hoja, respecto al anchos, siendo esto el 75% de las veces.

### 5.3.3. Variable: Longitud del peciolo.



Este semivariograma se asemeja a un variograma teórico conocido como Gaussiano, con una distancia entre lags de 495 m, con un total de 5 lags, cuya dirección y tolerancia es de  $133^{\circ}$  y  $45^{\circ}$ , respectivamente.

La función para el modelo teórico ajustado, a partir del semivariograma experimental, para la variable área total de la hoja se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 210 + 323(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{1335})^2) \quad (5.3)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 323 y 1335, respectivamente; además el efecto llamado pepita es de 210, este indica la parte del modelo que no es explicada, es decir que la explicación del modelo estudiado es de 61% aproximadamente.

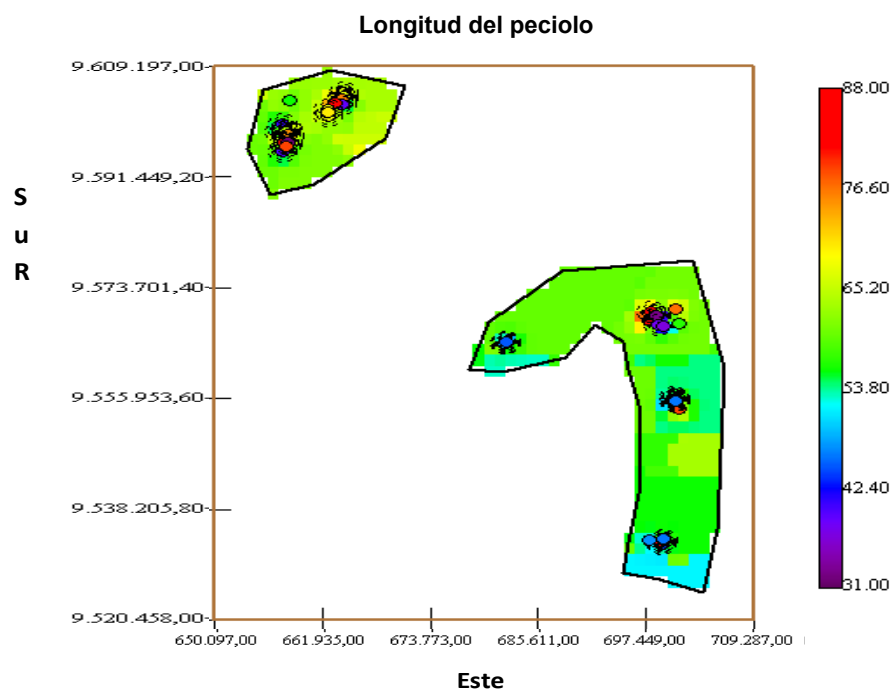
El variograma obtenido indica que existe un rango o alcance de 1335, lo que nos dice que en las regiones Zaruma - Loja hasta los 1335 metros de distancia existen plantaciones que tienen características similares, respecto a las diferentes longitudes que tienen los peciolo de las plantas, a partir de este valor las distintas medidas del peciolo dejan de estar correlacionadas o tener dependencia espacial.

Una vez establecido un modelo teórico que se ajuste al semivariograma se ha realizado las estimaciones espaciales para la característica que indica la longitud del peciolo, esto se lo realiza mediante la técnica de krigeado (cap. 2), se ha usado el Kriging ordinario, estas estimaciones se las observa y analiza mediante el mapa del cuadro **5.28**.

**Cuadro 5.28**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

**Mapa de Estimaciones para Longitud del peciolo.**



Elaborado por: Patricia Gómez Pérez.

En la variable Longitud del peciolo, la escala de colores tiene valores desde 31 hasta 88, que indican la longitud en centímetros del peciolo. Estos valores coinciden con el máximo y mínimo que tienen las observaciones muestreadas (cap. 4).

En esta característica fisiológica de la planta, la medida que es de importancia conocer, es aquella cuyas plantas tienen la longitud del

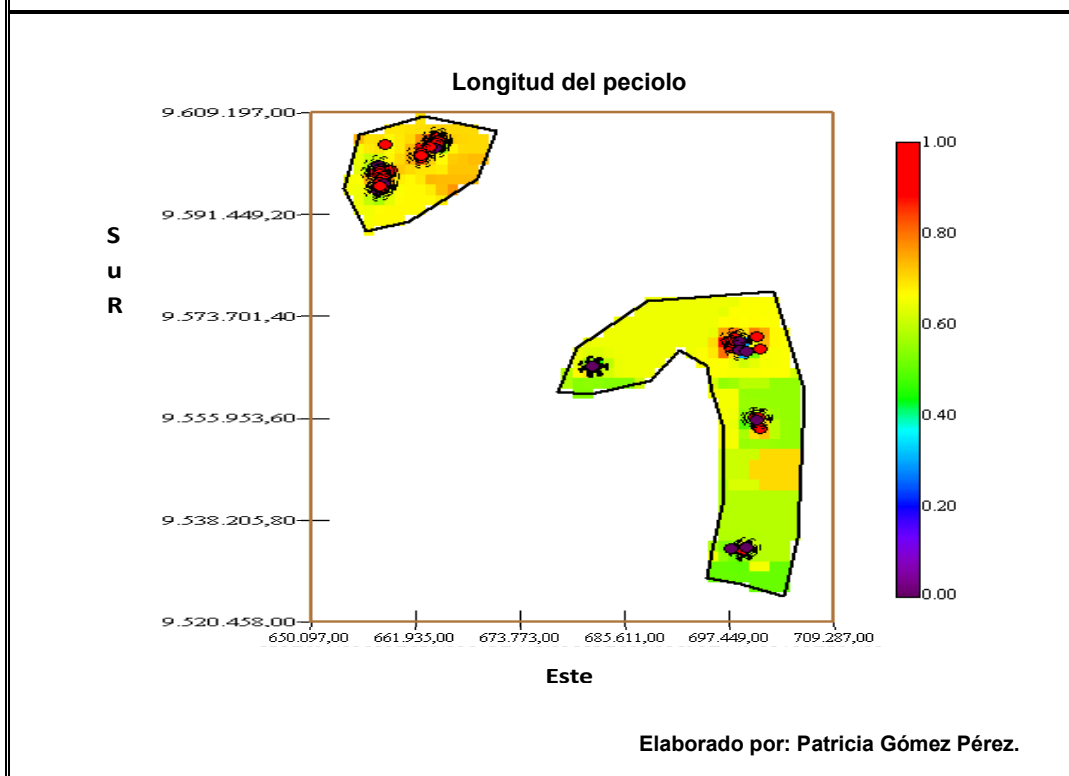
peciolo superior a 50 centímetros, ya que provee información para identificar una variedad musácea que sirva como potencial material biológico para la elaboración del bioetanol.

El mapa de estimaciones (**cuadro 5.28**) indica que en la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen una longitud de peciolo superior a 50 centímetros; en donde en una localidad con coordenadas (699217, 9528697), existen longitudes que tienen valores inferiores a 50 centímetros, aunque esto se da con menor incidencia.

**Cuadro 5.29**

*“Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador”.*

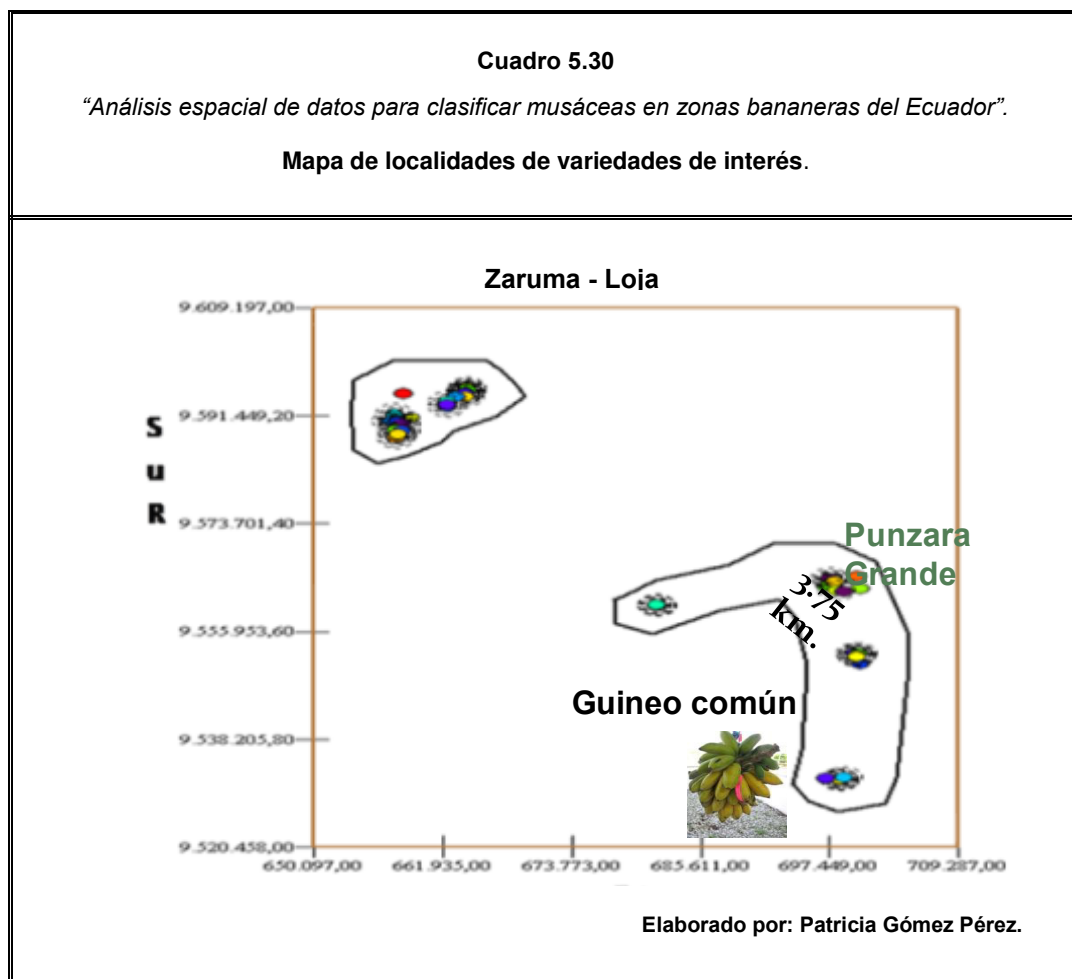
**Mapa de Probabilidades para Longitud del peciolo.**



Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya longitud del peciolo sea superior a 50 centímetros, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **cuadro 5.29**.

Se observa que en la mayoría de las localidades del total se pueden encontrar peciolo con longitudes superiores a 50 centímetros, con una probabilidad superior a 0.70 de que ocurra esto.

### 5.3.4 Clasificación y localización espacial de musáceas en Zaruma – Loja.



En el **cuadro 5.30** se observa que la variedad guineo común (musa acuminata) se da en un área aproximada de 14.06 km<sup>2</sup> cercana al sector de Punzara Grande.



## **DISCUSIÓN**

La mayoría de las variedades de musa en la región de Zaruma-Loja tienen valores mayores a 3 m en la altura del pseudotallo, menores a 50 cm en la longitud del peciolo, y para la proporción de la hoja el porcentaje de plantas que tienen valores menores o iguales a 2(doble) es similar al de las plantas que tienen valores mayores a 2(doble). Aunque resulta más complicado definir una variedad solamente con estas descripciones, ya que se puede incluir a otra que no necesariamente sea la que sirva para la producción de bioetanol, con estas características se indica la existencia de una región pequeña en donde existe variedades de interés para la producción de bioetanol.

La mayoría de las variedades de musa en la región de Pallatanga-Bucay tienen valores mayores a 3 m en la altura del pseudotallo, mayores a 1 cm en la márgenes del peciolo, entre 51 y 70 cm en la longitud del peciolo, menores o iguales a 2 cm para proporción de la hoja y 9051.40 y 10881.20 cm<sup>2</sup> en área de la hoja. Estas características fisiológicas descritas para esta zona de estudio permiten crear un rango para categorizar e identificar aquellas plantas que con mayor incidencia se dan en estos cantones y determinar si son o no de interés.

## **CONCLUSIONES**

1. En promedio la altura del pseudotallo, longitud del peciolo y proporción de la hoja es superior en la región de Zaruma-Loja a diferencia de Pallatanga-Bucay, aunque existe mayor variabilidad en el primer sector. Esto se debe a la diferencia entre variedades que existe en las regiones, esta característica podrían ser originadas por las condiciones climáticas y altura respecto al nivel del mar. Los estudios realizados indican que las principales variedades que mayor biomasa han producido son las musas acuminatas x balbisianas (AAB)
2. Las musas acuminatas x balbisianas (AAB) (limeño, y maqueño), criollo se localizan en el sector de Pallatanga-Bucay, con esto se concluye que mediante la identificación de características somáticas de las plantas, dichas variedades están presentes en zonas cercanas a Cascajal y Suropata, donde la clasificación de intervalos y los descriptores de las plantas usados para discriminar variedades es aplicada por el INIBAP.
3. En la zona Zaruma – Loja el resultado de las variables descriptores sugieren la presencia de musa acuminata (AAA) (guineo común) y esta se encuentra cercano a la localidad Punzara Grande.

4. Debido a que sólo se analizan tres descriptores y a la existencia de homogeneidad en la mayoría de los sectores presentes en los mapas de estimaciones para todas las variables en la zona de Zaruma-Loja, es más complejo identificar variedades, esto podría ser a que existen pocas variedades o simplemente las características de las diferentes plantas en esta localidad son similares.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para los cantones Pallatanga-Bucay buscar en los sectores georeferenciados cercanos a Cascajal, Suropata, San Nicolás, donde se indica la existencia de las variedades que producen mayor cantidad de biomasa.
2. Para los cantones Zaruma - Loja buscar en el sector georeferenciado cercano a Punzara Grande, donde se indica la existencia de las variedades, en donde la biomasa puede ser usada para producir biocombustible.
3. En las localidades detectadas, donde se encuentran las plantas con las características de interés de interés realizar un estudio de los costos y beneficios que involucran extraer el fruto de esos sectores, para determinar la potencial materia prima para obtener biocombustible.
4. Se recomienda recopilar variedades de musáceas para producir bioetanol en la región de Pallatanga – Bucay mas que en la de Zaruma – Loja, ya que los resultados indican que la variabilidad de las diferentes características en el primer sector es inferior y tienen características favorables.

5. Realizar comparaciones de producción, tales como, cantidad de rechazo anual, cantidad de fruto cosechado y el tiempo de cosecha, entre las variedades que son de interés en la producción de bioetanol.
6. Tener en consideración el proyecto y continuar con la investigación agregando otras variables de estudio, de tal manera que éstas se involucren directamente con las características del fruto y la biomasa que este produce; tales como *peso del racimo, Número de manos Largo de los dedos, ciclo vegetativo*.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Zurita G. (2007), Probabilidad y Estadística- fundamentos y aplicaciones. Instituto de Ciencias Matemáticas. ESPOL 2007.
- [2] Warrick, A. W., D. E. Myers & D. R. Nielsen. Geostatistical Methods Applied to Soil Science. Methods of Soil Analysis. Part 1 1986.. Physical and Mineralogical Methods- Agronomy Monograph. 9: 53 - 81.
- [3] Introducción a la Geoestadística. Teoría y Aplicación. Universidad de Nacional de Colombia, Departamento de Estadística.
- [4] Martínez C., Estadística y Muestreo (2006), onceava edición 200, 731.
- [5] Díaz- Francés (1993), E. Introducción a Conceptos Básicos de Geoestadística. Estadística y Medio Ambiente. Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT. Guanajuato, México.
- [6] Cheesman, E. Classification of the Bananas. III (1948). Critical Notes on Species. c. *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L., en Kew Bulletin., 2(3): 145–153.
- [7] Ministerio de Relaciones del Ecuador. (2005). Banano. Dirección General de Promoción de Exportaciones e Inversiones Bilaterales. Ecuador
- [8] Isaaks, E. & R. M. Srivastava. (1989). Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.
- [9] Krige, D. G. (1951). A Statistical Approach to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand. Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, 52: 119-139.

- [10] Grupo del Banco Mundial. (2008). Biocombustible una promesa y algunos riesgos. Informe sobre el desarrollo mundial 2008: Agricultura para el desarrollo. Visitado el 4 de Marzo de 2009 de <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL>
- [11] Ministerio de Agricultura y ganadería del Ecuador. Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador. Visitado el 10 Febrero de 2009. Disponible en: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)
- [12] Wikipedia. (2007). Bio combustible. Recuperado el 22 de Noviembre de 2009 de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biocombustible> PAGINA
- [13] SICA (Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2003). Visitado 14 de junio de 2009. Disponible en: [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles\\_productos/banano.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/banano.pdf)
- [14] Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2006). Programa Nacional de Bio Combustibles. Recuperado el 10 de Enero de 2008 de <http://www.uncu.edu>
- [15] MAGAP. (2006). El agro en la economía. Recuperado en julio de 2008 en <http://www.mag.gov.ec>
- [16] ESPOCH Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Agropecuarias. Visitado 12 julio de 2009. Disponible en: [www.mag.gov.ec](http://www.mag.gov.ec).

- [17] Neofronteras. (2008). Biocombustible.es. Visitado en junio de 2008 de <http://www.biocombustibles.es>
- [18] López C., Curso de Postgrado. Visitado el 12 de julio de 2009.  
Disponibile en: [www.geo.upm.es/postgrado/CarlosLopez](http://www.geo.upm.es/postgrado/CarlosLopez).
- [19] Tazan L, El cultivo de plátanos en Ecuador. Editorial raíces 2003, edición 1.