****

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Instituto de Ciencias Matemáticas**

“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de Sigatoka negra en condiciones de invernadero”.

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

Presentada por:

**Betsy Evelyn Ribadeneira Coloma**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

**AGRADECIMIENTO**

A las pocas personas que influyeron en mí durante el desarrollo de esta tesis, por su valioso tiempo. A Geovanny, Christopher, Omar, María y Carola.

A las otras pocas personas que estuvieron a mi lado en los momentos difíciles en la Espol; César, Nadia.

Y a los pocos profesores por sus clases y paciencia de enseñar.

A todos estos muchas GRACIAS.

**DEDICATORIA**

Para toda mi familia; empezando por mis abuelos o mejor dicho mis primeros padres que siempre son la parte fundamental en mi vida; en segundo lugar a mis padres por su ejemplo de trabajo y lucha profesional, inculcándome a seguir las mismas metas; en tercer lugar a Andreita esperando ser un ejemplo para ella; también a mis tíos y a los primos que están lejos. Y por último a esa persona especial que apareció en mi vida. Con esto les demuestro que yo si pude.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Washington Armas. Ing. Omar Ruiz.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Rivadeneira Phd. Francisco Vera

VOCAL VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Betsy Ribadeneira Coloma

RESUMEN

Se realizó el presente estudio para obtener una escala porcentual, que permita evaluar el desarrollo de la Sigatoka negra sobre las plantas en invernadero.

Los datos utilizados en este estudio corresponden a imágenes digitales obtenidas de las hojas de las plantas de banano inoculadas en invernadero del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE - ESPOL), estas imágenes fueron recogidas periódicamente.

En el primer capítulo se habló sobre algunos antecedentes del banano como: anatomía de la planta de banano, clasificación de cultivares, Sigatoka negra entre otros. El segundo capítulo contiene toda la información relacionada al tema de investigación, esta información esta dividida en tres partes estas son: Metodologías para la evaluación de la Sigatoka negra que incluye una detallada explicación de los dos sistemas más usados para evaluación de la Sigatoka negra, Análisis estadístico que presenta la teoría relacionada al análisis univariado y contrastes de hipótesis utilizadas en el estudio, y, Software utilizados en la que se describen características de los dos software utilizados en el trabajo, los cuales son MATLAB 7.0 y SPSS 12.0

El capítulo 3 contiene el desarrollo del análisis estadístico, el cual empieza con el diseño muestral para el estudio en el que se utilizó como tipo de muestreo el método por conglomerado, y se obtuvo por medio de la fórmula de muestreo aleatorio simple un tamaño de muestra de n=136, estas hojas se seleccionaron de un total de 1500 hojas la que conformaron la población objetivo en el estudio.

Las imágenes de estas hojas seleccionadas fueron digitalizadas y posteriormente se obtuvieron las variables “área de la hoja”, “área infectada de la hoja”, “largo” y “ancho” de la hoja, a las que se realizó el respectivo análisis univariado. Además se construyó contrastes de hipótesis, entre ellos está el siguiente: El área calculada usando el factor Murray y el área calculada por imágenes digitales difieren significativamente, siendo el área calculada con el factor de Murray la que sobreestima el área digital.

Se creó un modelo de regresión que permita calcular el área foliar a partir del largo y ancho de la hoja, dicho modelo se ajustó 91%.

Al agrupar las hojas según el síntoma se determinó los intervalos de confianza para cada media del porcentaje de infección dentro de cada grupo, estos intervalos permitieron establecer los rangos de la nueva escala porcentual para evaluar el desarrollo de la Sigatoka negra en plantas en invernadero.

ABREVIATURAS

|  |  |
| --- | --- |
| cm | Centímetros |
| cm2 | Centímetros cuadrados |
| Est. | Estadístico de la prueba |
| Gl. | Grados de libertad |
| IC | Intervalo de confianza |
| kg | Kilogramos |
| m | Metros |
| MC | Medias cuadráticas |
| MCE | Media cuadráticas del error |
| MCR | Media cuadráticas de la regresión |
| mm | Milímetros |
| Q1 | Cuartil 1 |
| Q2 | Cuartil 2 |
| Q3 | Cuartil 3 |
| SCE | Sumas cuadráticas de los errores |
| SCR | Sumas cuadráticas de la regresión |
| SCT | Sumas cuadráticas totales |
| Sig. | Significancia o valor p |

SIMBOLOGÍA

|  |  |
| --- | --- |
| °C | Grados centígrados |
| % | Porcentaje |
| X | Variable independiente |
| Y | Variable dependiente |
| n | Número de observaciones |
|  | Observación dependiente i-ésima |
|  | Observación independiente i-ésima |
|  | Coeficiente constante en regresión lineal simple |
|  | Coeficiente de la variable independiente en regresión lineal simple |
|  | Error en la i-ésima observación |
|  | Coeficiente de la variable i-ésima en regresión múltiple |
|  | Estimador del coeficiente de la variable i-ésima en regresión |
|  | Coeficiente de correlación |
|  | Transpuesta de una matriz X |
|  | Hipótesis nula |
|  | Hipótesis Alternativa |
|  | Estimador de la desviación Est. del parámetro |

ÍNDICE DE FIGURAS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Pág. |
| Figura | 1. | 1 | Aparición del síntoma en el haz de la hoja | 9 |
| Figura | 1. | 2 | Última parte del síntoma en el borde de la hoja | 9 |
| Figura | 2. | 1 | Escala de Stover modificada por Gauhl (1989) | 15 |
| Figura | 2. | 2 | Hojas enumeradas en la planta de banano | 16 |
| Figura | 2. | 3 | Estados evolutivos de la hoja candela | 17 |
| Figura | 2. | 4 | Hoja de cálculos relacionados a la Sigatoka negra | 18 |
| Figura | 2. | 5 | Esquema del proceso de inoculación en invernadero | 19 |
| Figura | 2. | 6 | Máscara de una hoja de planta de banano | 28 |
| Figura | 3. | 1 | Hoja de la planta de banano escaneada | 36 |
| Figura | 3. | 2 | Máscara del área de la hoja | 37 |
| Figura | 3. | 3 | Máscara del área de la mancha | 37 |
| Figura | 3. | 4 | Máscara del largo de la hoja | 38 |
| Figura | 3. | 5 | Máscara del ancho de la hoja | 38 |
| Figura | 3. | 6 | Archivo generado por la aplicación de MATLAB 7.0 con los resultados del área de la hoja en píxeles. | 39 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Pág. |
| Gráfico | 3. | 1 | Histograma de Área de la hoja | 42 |
| Gráfico | 3. | 2 | Diagrama de cajas de Área de la hoja | 43 |
| Gráfico | 3. | 3 | Histograma del Área de la mancha | 46 |
| Gráfico | 3. | 4 | Diagrama de cajas de Área de la mancha | 47 |
| Gráfico | 3. | 5 | Histograma de Largo de la hoja | 50 |
| Gráfico | 3. | 6 | Diagrama de cajas de Largo de la hoja | 51 |
| Gráfico | 3. | 7 | Histograma de Ancho de la hoja | 54 |
| Gráfico | 3. | 8 | Diagrama de cajas de Ancho de la hoja | 55 |
| Gráfico | 3. | 9 | Matriz de dispersion | 63 |
| Gráfico | 3. | 10 | Intervalo de confianza | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Pág. |
| TABLA | 3. | 1 | Medidas descriptivas de Área de la hoja | 40 |
| TABLA | 3. | 2 | Medidas descriptivas de Área de la mancha | 44 |
| TABLA | 3. | 3 | Medidas descriptivas de Largo de la hoja | 48 |
| TABLA | 3. | 4 | Medidas descriptivas de Ancho de la hoja | 52 |
| TABLA | 3. | 5 | Contraste de hipótesis para Área de la hoja | 57 |
| TABLA | 3. | 6 | Contraste de hipótesis para Evaluaciones 1 y 2 | 59 |
| TABLA | 3. | 7 | Contraste de hipótesis para Evaluaciones 1 y 3 | 61 |
| TABLA | 3. | 8 | Modelo de Regresión | 62 |
| TABLA | 3. | 9 | Anova de Regresión | 64 |
| TABLA | 3. | 10 | Estimador | 64 |
| TABLA | 3. | 11 | Intervalos de confianza según el síntoma | 66 |
| TABLA | 3. | 12 | Porcentaje de infección según el síntoma | 67 |
| TABLA | 3. | 13 | Escala para determinar el grado de infección de la Sigatoka negra en las hojas de invernadero. | 68 |

INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE - ESPOL) realiza estudios relacionados al control de la Sigatoka negra, enfermedad que afecta los cultivos de banano en todo el mundo.

Los altos costos en los que se incurren al controlar la Sigatoka negra han dado inicio a la búsqueda de nuevas alternativas que permitan vigilar la evolución del hongo causante de la misma. Por esto se decidió utilizar la estadística como una muy potente herramienta para analizar los datos disponibles en el CIBE relacionados a la Sigatoka negra.

El objetivo del estudio es desarrollar un modelo porcentual para la evaluación de Sigatoka negra en condiciones de invernadero.

La primera etapa del estudio fue capturar las imágenes de las hojas inoculadas con el hongo causante de la enfermedad Sigatoka negra, la segunda etapa fue transformar estas imágenes a datos, usando una aplicación en MATLAB 7.

Finalmente se procedió a realizar el análisis estadístico el cual incluye análisis univariado, contrastes de hipótesis y análisis de regresión.

**BIBLIOGRAFÍA**

Jacome L., Lepoivre P., Marin D., Ortiz R., Romero R. y Escalant J.V.; 2003; “Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook”; Imprimerie Horizon, Francia.

Kumar N., Krishnamoorthy V., L. Nalina & K. Soorianathasndharam. 2002. “Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano”, INFOMUSA 11(2):42-43; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Platano (INIBAP), Francia.

Turner D.W., 2003. “Método integral para estimar el área foliar total en los bananos”, INFOMUSA 12(2):15-17; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Platano (INIBAP), Francia.

Walpole R., Myers R., Myers S.; 1998; “Probabilidad y Estadística para Ingenieros”; sexta edición; Pearson Educación; México.

Montgomery D.; 2003; “Diseño y Análisis de Experimentos”; segunda edición; Limusa Wiley.

Páginas Web:

Acerca de Sigatoka negra

1.-“Monografías”;<http://www.monografias.com/trabajos33/sigatoka-negra/sigatoka-negra.shtml#eva> , Julio/2006 (última visita)

2.- “Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza”; <http://www.catie.ac.cr/bancoconocimiento/M/MusaSigatokanegra(Mycosphaerellafijiensis)/MusaSigatokanegra(Mycosphaerellafijiensis).asp?CodSeccion=353>; Julio 2006 (última visita)

3.- “Proyecto SICA”;

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/organicos/organicos_ecuador/sigatoka_organico.htm>; Julio 2006 (última visita).

Acerca de Imágenes

1.- Diseños de imágenes;

<http://www.acorbat2006.org/imagens/ANEXO_5.doc>; Marzo 2007 (última visita)

Foros en Internet

Acerca del Área Foliar - Factor de Murray

1.- [www.infoagro.com/foros/](http://www.infoagro.com/foros/); Marzo 2007 (última charla)

2.- [www.emagister.com/foros/forosdeagricultura](http://www.emagister.com/foros/forosdeagricultura) ; Marzo 2007 (última charla)

3.- [www.agroterra.com](http://www.agroterra.com) ; Marzo 2007 (última charla)

4.- [www.agroprofesional.com](http://www.agroprofesional.com) ; Marzo 2007 (última charla)