**CAPÍTULO III**

1. **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**
   1. **Introducción**

A continuación se presenta el respectivo diseño muestral que se realizó en el estudio, en el cual se estableció la población objetivo, marco muestral, tipo de muestreo y tamaño de la muestra. Además se explica brevemente el proceso de recolección de datos en invernadero y consecuentemente se presentan los respectivos resultados estadísticos entre los que se tiene el análisis univariado de manera descriptiva e inferencial.

* 1. **Diseño muestral**
     1. **Población Objetivo**

La población objetivo de este estudio la conforman las hojas de las plantas de banano que se utilizaron en el ensayo que se levantó en el invernadero del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), de la ciudad de Guayaquil, bajo iluminación natural y condiciones controladas de humedad relativa de 90-100% y temperaturas entre 20º – 23º C.

Cada hoja fue inoculada con el hongo *Mycosphaerella Fijiensis* causante de la Sigatoka negra y consecuentemente evaluadas de forma periódica.

* + 1. **Marco Muestral**

Para la obtención de un marco muestral se elaboró una lista de las hojas de cada planta que conforman el ensayo de inoculación.

* + 1. **Método de Muestreo**

Se utilizó el método de muestreo por conglomerados, donde un conglomerado es un conjunto de unidades de observación heterogéneas dentro del conglomerado y homogéneas entre los conglomerados. Este muestreo consiste en seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados (el necesario para alcanzar el tamaño de muestra requerido) y en investigar después todos los elementos pertenecientes a los conglomerados elegidos. En el estudio, las plantas son los conglomerados y las hojas con los diferentes síntomas son las unidades de observación. Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula del muestreo aleatorio simple:



* + 1. **Descripción de las Variables**

A continuación se describe las variables utilizadas para el estudio:

* **Área de la hoja.-** Describe el área de la hoja de banano en cm2
* **Mancha.-** Describe el área afectada de la hoja a consecuencia de la Sigatoka negra, porcentaje.
* **Largo de la hoja.-** Describe el largo de la hoja en cm.
* **Ancho de la hoja.-** Describe el ancho de la hoja en cm.
  + 1. **Variable Principal**

Se consideró como variable principal en el estudio la variable “Mancha”, que registra el porcentaje del área infectada en cada hoja de la planta de banano.

* + 1. **Muestra Piloto**

Para la estimación de la cuasivarianza de la variable de interés que es necesaria en la formula de aleatorio simple, se recolectó información de una muestra piloto de 10 hojas de plantas de banano.

* + 1. **Tamaño de la Muestra**

Para el cálculo del tamaño muestral se estimó la cuasivarianza =6.25 de la variable “mancha”, adicionalmente se fijo un error =0.4 y una confianza de 95% y teniendo un total 1500 hojas de planta de banano se consiguió un tamaño de muestra n=136. Después se seleccionó aleatoriamente 23 plantas (conglomerados) y se estudió exhaustivamente cada conglomerado, obteniendo 30 hojas con síntoma 1; 30 hojas con síntoma 2; 16 hojas con síntoma 3; 25 hojas con síntoma 4; y, 35 hojas con síntoma 5.

* 1. **Recolección de datos en invernadero**

Una vez aplicada la inoculación en invernadero se procedió a la recolección de los datos. La obtención de los datos de esta investigación consta de las siguientes etapas:

**Primera Etapa.-**

Se enumeró cada planta y se estableció cuales serian evaluadas, en los distintos periodos.

**Segunda Etapa.-**

Esta etapa consistió en capturar las imágenes de las hojas de las planta de banano seleccionas para la muestra.

El proceso de capturar imágenes se realizó a través de los siguientes pasos:

1.- Cubrir la maceta de la planta con una funda plástica.

2.- Quitar la humedad de las hojas de las plantas con papel secante.

3.- Escanear el envés de cada una de las hojas de la planta *(Figura 3.1)*.

|  |
| --- |
| ***Figura 3.1:*** *Hoja de la planta de banano escaneada* |
| **h9p4** |
| **Fuente:** CIBE  **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

**Tercera Etapa.-**

Luego de obtener la imagen digitalizada de las hojas, haciendo uso de una aplicación desarrollada en MATLAB 7.0 se crearon máscaras para las siguientes partes de la imagen:

* Área de la hoja *(Figura 3.2)*.

|  |
| --- |
| ***Figura 3.2:*** *Máscara del área de la hoja* |
| 3_h3 p3areaMask |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

* Áreas de las manchas en las hojas *(Figura 3.3)*.

|  |
| --- |
| ***Figura 3.3:*** *Máscara de las áreas*  *de las manchas en las hojas* |
| 3_h3 p3manchaMask |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

* Largo de la hoja *(Figura 3.4)*.

|  |
| --- |
| ***Figura 3.4:*** *Máscara del largo de la hoja* |
| 1_h1 p 3largoOutline |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

* Ancho de la hoja *(Figura 3.5)*.

|  |
| --- |
| ***Figura 3.5:*** *Máscara del ancho de la hoja* |
| 1_h1 p 3anchoOutline |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

**Cuarta Etapa.-**

En esta etapa las máscaras obtenidas fueron procesadas en una segunda aplicación en MATLAB 7.0 que generaba los siguientes datos:

* Largo de la imagen
* Ancho de la imagen.
* Áreas de las máscaras:
  + Área de la hoja
  + Área de la Mancha
  + Largo de la hoja.
  + Ancho de la hoja.

Todos estos resultados eran valorados en píxeles. *(Figura 3.6)*

|  |
| --- |
| ***Figura 3.6:*** *Archivo generado por la aplicación de MATLAB 7.0 con los resultados del área de la*  *hoja en píxeles*. |
|  |
| **Elaborado por**: Betsy Ribadeneira C. |

* 1. **Análisis Univariado**
     1. **Área de la hoja**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.1***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Medidas Descriptivas del Área de la Hoja*** | |
| n | 136 |
| Media | 118,10 |
| Mediana | 96,50 |
| Desv. Estándar | 68,86 |
| Coef. de Asimetría | 1,37 |
| Curtosis | 1,99 |
| Rango | 332,82 |
| Mínimo | 32,27 |
| Máximo | 365,09 |
| Q1 | 63,35 |
| Q2 | 96,50 |
| Q3 | 145,96 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

**Media,** el valor promedio de la variable área de la hoja es 118,10 cm2

**Mediana,** en consideración a esta medida se observa que la muestra es dividida justo en el centro por el valor de 96,50 cm2 indicando que el 50% de las observaciones registran valores mayores al de esta medida.

**Desviación estándar,** la variable “Área de la hoja” presenta una dispersión de 68,86 cm2 y esto equivale en relación a la media una variación del 58%.

**Asimetría,** este coeficiente de 1,37 indica que la distribución posee una asimetría positiva y puesto que el valor es mayor 1 se establece que la distribución de esta variable difiere significativamente de una distribución normal simétrica.

**Curtosis,** este coeficiente indica que es una distribución leptocúrtica en relación a una distribución normal puesto que el valor de esta medida es 1,99.

**Rango,** según esta medida el rango de las datos es 332,82 cm2.

**Mínimo,** el valor mínimo que registra esta variable es 32,27 cm2.

**Máximo,** el valor máximo que registra esta variable es 365,09 cm2.

**Cuartil 1,** el 25% de las observaciones registran valores por debajo del 63,35 cm2.

**Cuartil 3,** el 25% de las observaciones registran valores por encima de 145,96 cm2.

El siguiente histograma del “área de la hoja” (*Gráfico 3.1*) permite visualizar que la mayor cantidad de casos se agrupan entre los primeros intervalos.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.1***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Histograma del Área de la Hoja*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.2***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Diagrama de Cajas del Área de la Hoja*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

En el *Grafico 3.2* el diagrama de caja del “área de la hoja” permite visualizar que el 50% de los casos se encuentran agrupados entre el Q1=63,35 cm2 y Q3= 145,96 cm.

Además se observa según los bigotes del diagrama de caja que la distribución de esta variable es asimétrica.

* + 1. **Área de la mancha**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.2***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Medidas Descriptivas del Área de la Mancha (%)*** | |
| n | 136 |
| Media | 6,27 |
| Mediana | 0,65 |
| Desv. Estándar | 11,93 |
| Coef. de Asimetría | 2,84 |
| Curtosis | 8,94 |
| Rango | 67,49 |
| Mínimo | 0,00 |
| Máximo | 67,49 |
| Q1 | 0,10 |
| Q2 | 0,65 |
| Q3 | 8,04 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

**Media,** el valor promedio de la variable “área de la mancha” es 6,27 %.

**Mediana,** en consideración a esta medida se observa que la muestra se divide justo en el centro por el valor de 0,65 %, indicando que el 50% de las observaciones registran valores menores al 1% de área.

**Desviación estándar,** la variable “área de la mancha” presenta una dispersión del 11,93 unidades, esto indica en relación a la media un coeficiente de variación mayor al 100%.

**Asimetría,** este coeficiente de 2,84 indica que la distribución posee una asimetría positiva y puesto que el valor es mayor a 1 se establece que la distribución de esta variable difiere significativamente de una distribución normal simétrica.

**Curtosis,** este coeficiente indica que es una distribución leptocúrtica en relación a una distribución normal puesto que el valor de esta medida es 8,94.

**Rango,** según esta medida el rango de las datos es 67,49 unidades.

**Mínimo,** el valor mínimo que registra esta variable es 0,00 %

**Máximo,** el valor máximo que registra esta variable es 67,49 %.

**Cuartil 1,** el 25% de las observaciones registran valores por debajo de 0,10 %.

**Cuartil 3,** el 25% de las observaciones registran valores por encima de 8,04 %.

El *Gráfico 3.3* del histograma del “área de la mancha” permite visualizar que la mayor cantidad de casos se agrupan en el primer intervalo.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.3***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Histograma del Área de la Mancha*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

El siguiente diagrama de caja (*Gráfico 3.*4) permite visualizar que el 50% de los casos se encuentran agrupados entre el Q1=0,10 % y Q3=8,04 %.

Además se observa según los bigotes del diagrama de caja que la distribución de esta variable es asimétrica

Los registros de la variable “Área de la Mancha” muestran que las observaciones entre Q1 y Q2 están menos dispersas que entre Q2 y Q3.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.4***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Diagrama de Cajas del Área de la Mancha*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

* + 1. **Largo de la hoja.**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.3***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Medidas Descriptivas del Largo de la hoja*** | |
| n | 136 |
| Media | 19,83 |
| Mediana | 19,53 |
| Desv. Estándar | 4,58 |
| Coef. de Asimetría | 0,22 |
| Curtosis | -0,68 |
| Rango | 19,75 |
| Mínimo | 10,97 |
| Máximo | 30,72 |
| Q1 | 16,09 |
| Q2 | 19,53 |
| Q3 | 23,22 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

**Media,** el valor promedio de la variable “Largo de la hoja” es 19,83 cm de longitud.

**Mediana,** en consideración a esta medida se observa que la muestra se divide justo en el centro por el valor de 19,53 cm; indicando que el 50% de las observaciones registran valores mayores al de esta medida.

**Desviación estándar,** la variable “largo de la hoja” presenta una dispersión de 4,58 cm y en relación a la media presenta una variación del 21%.

**Asimetría,** este coeficiente de 0,22 indica que la distribución posee una asimetría positiva baja, esto indica que la distribución de esta variable es semejante a una distribución normal simétrica.

**Curtosis,** este coeficiente indica que es una distribución platicúrtica en relación a una distribución normal puesto que el valor de esta medida es -0,68.

**Rango,** según esta medida el rango de las datos es 19,75 cm.

**Mínimo,** el valor mínimo que registra esta variable es 10,97 cm.

**Máximo,** el valor máximo que registra esta variable es 30,72 cm.

**Cuartil 1,** el 25% de las observaciones registran valores por debajo de 16,09 cm.

**Cuartil 3,** el 25% de las observaciones registran valores por encima de 23,22 cm.

El siguiente histograma del “largo de la hoja” (*Gráfico 3.*5) permite visualizar que la mayor cantidad de casos se agrupan en el centro de la distribución.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.5***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Histograma del Largo de la hoja*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.6***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Diagrama de Cajas del Largo de la hoja.*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

El diagrama de caja del “largo de la hoja” (*Gráfico 3.6*) permite visualizar que el 50% de los casos se encuentran agrupados entre el Q1=16,09 cm y Q3=19,53 cm.

También se observa según los bigotes del diagrama de caja que la distribución de esta variable es ligeramente asimétrica.

* + 1. **Ancho de la hoja.**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.4***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Medidas Descriptivas del Ancho de la hoja*** | |
| N | 136 |
| Media | 7,51 |
| Mediana | 7,22 |
| Desv. Estándar | 2,38 |
| Coef. de Asimetría | 0,68 |
| Curtosis | 0,02 |
| Rango | 11,33 |
| Mínimo | 3,85 |
| Máximo | 15,18 |
| Q1 | 5,55 |
| Q2 | 7,22 |
| Q3 | 8,97 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

**Media,** el valor promedio de la variable “ancho de la hoja” es 7,51 cm.

**Mediana,** en consideración a esta medida se observa que la muestra se divide justo en el centro por el valor de 7,22 cm; indicando que el 50% de las observaciones registran valores mayores al de esta medida.

**Desviación estándar,** la variable ancho de la hoja presenta una dispersión de 2,38 cm y en relación a la media presenta una variación del 31%.

**Asimetría,** este coeficiente de 0,68 indica que la distribución posee una asimetría positiva baja, esto indica que la distribución de esta variable es semejante a una distribución normal simétrica.

**Curtosis,** este coeficiente indica que es una distribución leptocúrtica en relación a una distribución normal puesto que el valor de esta medida es 0,02.

**Rango,** según esta medida el rango de las datos es 11,33 cm.

**Mínimo,** el valor mínimo que registra esta variable es 3,85 cm.

**Máximo,** el valor máximo que registra esta variable es 15,18 cm.

**Cuartil 1,** el 25% de las observaciones registran valores por debajo de 5,55 cm.

**Cuartil 3,** el 25% de las observaciones registran valores por encima de 8,97 cm.

El histograma del “ancho de la hoja” (*Gráfico 3.7)* permite visualizar que la mayor cantidad de casos se agrupan en la parte central de la distribución.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.7***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Histograma del Ancho de la hoja*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.8***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  ***Diagrama de Cajas del Ancho de la hoja*** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

El diagrama de caja del “ancho de la hoja” (*Gráfico 3.8*) permite visualizar que el 50% de los casos se encuentran agrupados entre el Q1=5,55 y Q3=7,22.

Además se observa según los bigotes del diagrama de caja que la distribución de esta variable es asimétrica.

* 1. **Contraste de Hipótesis**
     1. **Contraste para “Área de la hoja”**

Se contrastó las siguientes hipótesis por medio de una prueba t pareada:

*H0: La media de las diferencias entre las variables área 1 y área 2 es igual a cero.*

*H1: No es verdad H0*

Donde:

*Área 1* ****** *Área calculada utilizando el factor de Murray*

*Área 2* ****** *Área calculada desde la imagen digital*

El respectivo esquema del contraste de hipótesis es:



Luego de realizar los respectivos cálculos se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la siguiente *Tabla 3.5*:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.5***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Contraste de Hipótesis para Área de la hoja*** | |
|  | 9,06 |
|  | 15,80 |
| Estadístico prueba de t | 6,69 |
| Significancia de t | 0,00 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

Trabajando con un 95% de confianza y puesto que la significancia de la prueba t es menor que 0,05 se rechaza Ho, la cual establece que *La media de las diferencias entre las variables área 1 y área 2 es igual a cero.* Lo cual deja como hipótesis alternativa, la media de las diferencias entre el Área calculada por Murray y el Área calculada digitalmente, diferente de cero, es decir, que el cálculo del área foliar utilizando el factor de Murray difiere del calculo de las hojas a través de imagen digital de las plantas en invernadero.

Además se observó diferencias positivas entre el Área 1 y el Área 2 cuya media es 9,06, considerando esto y además que el estadístico de prueba resultó positivo, se concluye que el Área calculada por Murray es mayor a la calculada digitalmente.

* + 1. **Contraste para las evaluaciones 1 y 2**

Se contrastó las siguientes hipótesis por medio de una prueba t pareada:

*H0: La media de las diferencias entre las variables evaluación 1 y evaluación 2 es igual a cero.*

*H1: No es verdad H0*

Donde:

*Evaluación 1  Primera evaluación del porcentaje de infección en las hojas de la planta 4.*

*Evaluación 2  Segunda evaluación del porcentaje de infección en las hojas de la planta 4.*

El respectivo esquema del contraste de hipótesis es:



Luego de realizar los respectivos cálculos se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la siguiente *Tabla 3.6*:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.6***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Contraste de Hipótesis para Evaluaciones 1 y 2*** | |
|  | 0,00 |
|  | 0,17 |
| Estadístico prueba de t | -0,04 |
| Significancia de t | 0,97 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

Trabajando con un 95% de confianza y puesto que la significancia de la prueba t es 0,97 se acepta Ho, la cual establece que *La media de las diferencias entre las variables evaluación 1 y evaluación 2 es igual a cero*, es decir, el desarrollo de la infección de una evaluación a otra no se incrementa notablemente.

* + 1. **Contraste para las evaluaciones 1 y 3**

Se contrastó las siguientes hipótesis por medio de una prueba t pareada:

*H0: La media de las diferencias entre las variables evaluación 1 y evaluación 3 es igual a cero.*

*H1: No es verdad H0*

Donde:

*Evaluación 1  Primera evaluación del porcentaje de infección en las hojas de la planta 4.*

*Evaluación 3  Tercera evaluación del porcentaje de infección en las hojas de la planta 4.*

El respectivo esquema del contraste de hipótesis es:



Luego de realizar los respectivos cálculos se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la siguiente *Tabla 3.7*:

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.7***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la Sigatoka negra en invernadero”*  ***Contraste de Hipótesis para Evaluaciones 1 y 3*** | |
|  | -0,13 |
|  | 0,11 |
| Estadístico prueba de t | -2,78 |
| Significancia de t | 0,049 |
| **Elaborado por**: Betsy Ribadeneira C. | |

Trabajando con un 95% de confianza y puesto que la significancia de la prueba t es menor que 0,05 se rechaza Ho, la cual establece que *La media de las diferencias entre las variables evaluación 1 y evaluación 3 es igual a cero.* Lo cual deja como hipótesis alternativa, la media de las diferencias entre las variables *evaluación 1 y evaluación 3 del porcentaje de infección en las hojas de la planta 4* diferente de cero, es decir, que el desarrollo de la enfermedad entre la primera y tercera evaluación es evidente.

* 1. **Regresión.**

En la *Tabla 3.8* se presentan los coeficientes de las variables independientes “Largo” y “Ancho” de la hoja, que indican el cambio promedio en la variable dependiente “Área” de la hoja cuando se incrementa una unidad alguna de las variables independientes asumiendo que las otras variables permanecen constantes. Para establecer la significancia estadística de cada coeficiente dentro del modelo se calculó el estadístico (Est. t) y la significancia, se considera coeficientes significativos aquellos cuyo estadístico este fuera del intervalo [-2,2] o también aquellos cuya significancia sea menor a 0.05.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Tabla 3.8***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  **Modelo de Regresión** | | | | |
| **Área** | **Coeficientes** |  | **Est. T** | **Significancia** |
|  | -119,80 | 8,74 | -13,70 | 0,00 |
| **Largo** | 4,98 | 1,01 | 4,92 | 0,00 |
| **Ancho** | 18,50 | 1,95 | 9,51 | 0,00 |
| **Elaborado por :** Betsy Ribadeneira C. | | | | |

A continuación en el *Gráfico 3.8* se presenta visualmente las correlaciones entre todas las variables que intervienen en el modelo.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.9***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  **Matriz de Dispersión** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

**Anova**

Para establecer la significancia global del modelo de regresión y verificar la influencia de al menos una de las variables independientes “Largo” y “Ancho” de la hoja sobre la variable dependiente “Área” de la hoja se construyó la tabla Anova que incluye los grados de libertad (Gl), las sumas cuadráticas (SC), medias cuadráticas (MC), estadístico (Est. F) y la significancia presentados a continuación, basados en la significancia de la tabla igual a 0.00 se rechaza la hipótesis nula y se concluye a un nivel de significancia del 5% que existe evidencia estadística para afirmar que al menos una de las variables independientes explican la variable dependiente.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Tabla 3.9*  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  Anova de Regresión | | | | | |
| **Fuente** | **Gl.** | **SC** | **MC** | **Est. F** | **Significancia** |
| **Regresión** | 2 | 585448,14 | 292724,07 | 711,78 | 0,00 |
| **Error** | 133 | 54696,80 | 411,25 |  |  |
| **Total** | 135 | 640144,95 |  |  |  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | | | | | |

**Acerca del modelo**

Para establecer el ajuste del modelo, se calculó el coeficiente **.**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Tabla 3.10***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  **Estimador** | |
|  | 0,91 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | |

* 1. **Intervalos de Confianza**

Para establecer una nueva escala que pueda ser utilizada en invernadero, se agrupó las hojas de las plantas en estudio según el síntoma.

En el primer grupo que corresponden a las hojas con síntoma 1 se les evaluó el porcentaje de infección y se obtuvo una media muestral del 0,091%. Además se obtuvo un intervalo de confianza para la media poblacional cuyo límite inferior es 0,054% y el límite superior 0.128%.

En el segundo grupo que corresponden a las hojas con síntoma 2 se les evaluó el porcentaje de infección y se obtuvo una media muestral del 0,804%. Además se obtuvo un intervalo de confianza para la media poblacional cuyo límite inferior es 0,306% y el límite superior 1,302%.

Para el tercer grupo que corresponden a las hojas con síntoma 3 se les evaluó el porcentaje de infección y se obtuvo una media muestral del 1,305%. Y también se obtuvo un intervalo de confianza para la media poblacional cuyo límite inferior es 0,036% y el límite superior 2,573%.

En el cuarto grupo que corresponden a las hojas con síntoma 4 se les evaluó el porcentaje de infección y se obtuvo una media muestral del 4,574%. Además se obtuvo un intervalo de confianza para la media poblacional cuyo límite inferior es 1,820% y el límite superior 7,327%.

Y para el quinto grupo que corresponden a las hojas con síntoma 5 se les evaluó el porcentaje de infección y se obtuvo una media muestral del 18,152%. Además se obtuvo un intervalo de confianza para la media poblacional cuyo límite inferior es 12,882% y el límite superior 23,423%.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Tabla 3.11***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  **Intervalos de Confianza según el Síntoma** | | | | |
| **Síntoma** | **% Infección** | | **IC (95% confianza)** | |
| **Media** | **Error Estándar** | **Límite Inferior** | **Límite Superior** |
| 1 | 0,091 | 0,018 | 0,054 | 0,128 |
| 2 | 0,804 | 0,243 | 0,306 | 1,302 |
| 3 | 1,305 | 0,591 | 0,036 | 2,573 |
| 4 | 4,574 | 1,334 | 1,820 | 7,327 |
| 5 | 18,152 | 2,594 | 12,882 | 23,423 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | | | | |

Al construir un intervalo de confianza para la media poblacional del porcentaje de infección sobre la hoja por síntoma, se estableció un rango porcentual que servirá para las evaluaciones en invernadero.

|  |
| --- |
| ***Gráfico 3.10***  *“Desarrollo de un modelo porcentual para la evaluación de la*  *Sigatoka negra en invernadero”*  **Intervalo de Confianza** |
|  |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. |

También se pudo construir los extremos superiores de infección acumulada sobre la hoja según el síntoma, siendo el primer límite superior del intervalo de confianza el primer extremo superior de infección acumulada (0,128%), para el síntoma 1; el segundo extremo superior de infección acumulada se obtuvo sumando el primer extremo superior de infección acumulada (0,128%) más el segundo limite superior del intervalo (1,302%), para el síntoma 2; luego para el tercer extremo superior de infección acumulada se sumó el segundo extremo superior de infección acumulada (1,429%) mas el tercer limite superior del intervalo (2,572%), para el síntoma 3; consecuentemente para el cuarto extremo superior de infección acumulada se sumó el tercer extremo superior de infección acumulada (4,002%) mas el cuarto limite superior del intervalo (7,326%), para el síntoma 4; y por ultimo, el quinto extremo superior de infección acumulada se obtuvo sumando el cuarto extremo superior de infección acumulada (11,329%) mas el quinto limite superior intervalo (23,423%), para el síntoma 5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Tabla 3.12***  *“Desarrollo de modelo porcentuales para la Sigatoka negra en invernadero”*  **Porcentaje de Infección según el Síntoma** | | | |
| **Síntoma** | **Límite**  **Superior** | **Extremos superiores**  **de infección acumulada** | **Extremos superiores**  **de infección acumulada redondeados** |
| 1 | 0,128 | 0,128 | 1 |
| 2 | 1,301 | 1,429 | 2 |
| 3 | 2,572 | 4,002 | 4 |
| 4 | 7,326 | 11,329 | 12 |
| 5 | 23,423 | 34,752 | 35 |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | | | |

Una vez hecho el análisis y obtenido los extremos superiores de infección de acumulación redondeados para cada síntoma, se diseño la nueva escala para determinar el grado de infección de la Sigatoka negra en la hojas de banano en invernadero *(Tabla 3.13)*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Tabla 3.13***  *“Desarrollo de modelo porcentuales para la Sigatoka negra en invernadero”*  **Escala para determinar el grado de infección de la Sigatoka negra**  **en las hojas de invernadero** | | |
| **Valores** | **Extremos superiores**  **de infección acumulada redondeados** | **Descripción** |
| 0 | 0 | Hoja sin infección |
| 1 | < 1% | Hoja con hasta el 1% de infección |
| 2 | < 2% | Hoja con hasta el 2% de infección |
| 3 | < 4% | Hoja con hasta el 4% de infección |
| 4 | < 12% | Hoja con hasta el 12% de infección |
| 5 | < 35% | Hoja con hasta el 35% de infección |
| **Elaborado por:** Betsy Ribadeneira C. | | |