



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero  
Agrónomo

**DETERMINACION DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE MUESTREO,  
DISTRIBUCION ESPACIAL Y GRADIENTE DE DISPERSIÓN  
DEL CARBÓN DEL MANÍ CAUSADO POR *Thecaphora frezii*.**

**Ricardo Oscar Marinelli Dendarys**  
**DNI N° 33.814.215**

**Directora: Ing. Agr. (MSc.) Mónica Zuza**

**Río Cuarto – Córdoba**  
**Febrero 2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO FACULTAD DE  
AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final:** DETERMINACION DEL TAMAÑO  
ÓPTIMO DE MUESTREO, DISTRIBUCION ESPACIAL Y  
GRADIENTE DE DISPERSIÓN DEL CARBÓN DEL MANÍ  
CAUSADO POR *Thecaphora frezii*.

**Autor:** Marinelli Dendarys, Ricardo Oscar

**DNI:** 33814215

**Directora:** Ing. Agr. (MSc.) Mónica Zuza

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión  
Evaluadora:**

**Prof. Alejandro Rago** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. (MSc.) Kearney Marcelo** \_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

**Secretario Académico**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mis padres, quienes con su apoyo incondicional, consejo y valores transmitidos fueron muy importantes en esta instancia de formación profesional y personal.
- A mis hermanos, que siempre me han acompañado y apoyado de manera incondicional en esta etapa de mi vida.
- A mi novia, por ser una gran compañera, por tenerme paciencia y haber sido un gran sostén en esta última etapa de mi carrera.
- A mi tía Adriana Marinelli, quien fue mi primera directora de tesis, por su gran dedicación y enseñanza a lo largo de toda mi carrera.
- A mi directora de tesis, la ingeniera agrónoma Mónica Zuza por su gran dedicación, disponibilidad y acompañamiento durante la realización de esta tesis final de grado.
- A los ingenieros Julián Garcia y Claudio Oddino, por su colaboración y disponibilidad.
- A mis amigos y ahora colegas, especialmente a aquellos con quienes compartimos la carrera, por hacer de la misma una etapa que siempre recordaré.

<b>ÍNDICE DEL TEXTO</b>	<b>Páginas</b>
Índice de figuras	5
Índice de cuadros	6
Resumen	7
Summary	8
Introducción	9
Hipótesis	12
Objetivos	
- Objetivos generales	12
- Objetivos específicos	12
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	17
Conclusiones	26
Bibliografía citada	27

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Páginas</b>
Figura 1: Lote donde se realizó el estudio. Área rural de Charras.	13
Figura 2: Fotografía aérea donde se realizo la experiencia.	14
Figura 3: Determinación de grados de carbón en granos de maní mediante la utilización de la escala propuesta por Marinelli <i>et al.</i> (2010).	15
Figura 4: Método gráfico de Kranz para la incidencia del carbón del maní en la zona 1 (1171,73mts a la planta procesadora).	17
Figura 5: Método gráfico de Kranz para la severidad del carbón del maní en la zona 1 (1171,73mts a la planta procesadora).	18
Figura 6: Método gráfico de Kranz para la incidencia del carbón del maní en la zona 2 (1340,04mts a la planta procesadora).	18
Figura 7: Método gráfico de Kranz para la severidad del carbón del maní en la zona 2 (1340,04mts a la planta procesadora).	19
Figura 8: Método gráfico de Kranz para la incidencia del carbón del maní en la zona 3 (1652,14mts a la planta procesadora).	19
Figura 9: Método gráfico de Kranz para la severidad del carbón del maní en la zona 3 (1652,14mts a la planta procesadora).	20
Figura 10: Gradiente de dispersión y ajuste de la curva polinómica para Incidencia.	24
Figura 11: Gradiente de dispersión y ajuste de la curva polinómica para severidad.	24

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>Paginas</b>
Cuadro 1: Incidencia y Severidad promedio del carbón de maní de cada zona de muestreo, y distancia en metros a la planta de Olega S.A.	17
Cuadro 2: Patrón de distribución espacial del carbón de maní según la relación varianza media e índice de Morisita, para la incidencia de las zonas 1, 2 y 3.	21
Cuadro 3: Patrón de distribución espacial del carbón de maní según la relación varianza media e índice de Morisita, para severidad de las zonas 1, 2 y 3.	21
Cuadro 4: Comparación del $R^2$ de diferentes modelos matemáticos que explican el gradiente de dispersión del carbón del maní.	23

## RESUMEN

El cultivo de maní es afectado por numerosas enfermedades que disminuyen los rendimientos potenciales y/o afectan la calidad del producto. El carbón del maní causado por *Thecaphora frezii* es una de las enfermedades de mayor importancia en la Argentina, debido a la elevada intensidad y prevalencia con la que se presenta en la mayoría de los ciclos agrícolas. Para el manejo del carbón del maní se han probado diferentes herramientas, como la rotación de cultivos, labranzas y resistencia genética, pero ninguna de ellas ha logrado hasta el momento disminuir significativamente la intensidad de la enfermedad. Es fundamental saber cuantificar correctamente la enfermedad, para lo cual es importante disponer de un diseño y tamaño óptimo de muestreo. Con el objeto de cuantificar la incidencia y severidad, establecer el tamaño óptimo de muestreo (TOM), conocer el patrón de distribución espacial y su gradiente de dispersión desde una fuente de inóculo, se realizó un estudio en un cultivo comercial ubicado en el área rural de Charras, sembrado en octubre de 2011. Se establecieron sobre el lote tres zonas de muestreo, el diseño utilizado para la recolección de las muestras fue una “W”, se obtuvieron un total de 240 muestras de las cuales se evaluó incidencia y severidad. Los resultados mostraron que el TOM para incidencia del carbón de maní fue de 42 muestras, mientras que para severidad un tamaño de 53 muestras sería lo óptimo. La distribución espacial del carbón del maní presentó un patrón agregado, utilizando la incidencia, mientras que para severidad el patrón fue regular, para ambos índices (relación varianza media y Morisita). Para el gradiente de dispersión del carbón de maní, se obtuvo un ajuste del 100% para una curva polinómica de orden 2, es decir que la enfermedad alcanza un pico de intensidad a una distancia intermedia y luego comienza a disminuir.

Palabras clave: maní, *Thecaphora frezii*, tamaño óptimo de muestra, distribución espacial, gradiente de dispersión.

### SUMMARY

The cultivation of peanut is affected by many diseases which decrease the potential performance and affect the quality of the product. Peanut snut is caused by *Thecaphora frezii*, and it is one of the most important diseases in Argentina because of its high intensity and prevalence in most of the crop years. For the peanut snut management, it have been proved many tools, such as crop rotation, farming and genetic resistance, but none of them succeeded in decreasing significantly the intensity of the disease. It is basic knowing how to quantify the disease, for what is important to count with a design and an optimal size sampling. With the object of quantifying the incidence and severity, establishing the optimal size sampling (TOM), knowing the pattern of spatial distribution and its dispersion gradients from inoculum sources, it have been done a research in a cash crop located in the rural area of Charras sown in October 2011. It have been established on the lot three sampling sites, the design used for the sampling collection was “W”, of which it have been obtained a total of 240 samples, evaluating its incidence and severity. The results shown that the TOM for incidence of peanut snut was about 42 samples, while for severity 53 samples is the best.

The spatial distribution of peanut snut presented an added pattern, by using the incidence, while for severity the patten was regular, for both indexes (the relation mean variance and morisita's index).

Fort he dispersion gradient of peanut snut, it was obtained an adjustment of 100% for the polynomial curve of order 2, what means that the disease reaches a peak of intensity at an intermediate distance and then it starts to decrease.

Key words: Peanut snut, *Thecaphora frezii*- Optimal size sampling- Spatial distribution- Dispersion gradient.

## INTRODUCCION

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es originario de Sudamérica, más precisamente de la región noroeste de Argentina y Bolivia (Hammons, 1982).

Es un importante cultivo en zonas tropicales, subtropicales y templadas de Asia, América y África, e incluso se siembra en Europa (Turquía), aunque de manera limitada; siendo usado como alimento humano directo (grano) o indirecto (manteca, aceite), como pellet, e incluso como forraje (Singh y Singh, 1992; Hammons, 1994). La producción mundial se calcula aproximadamente en 36 millones de toneladas de maní en caja y 6 millones de toneladas de aceite (Moretzsohn *et al.*, 2006).

Los principales países productores son China, India y EE.UU., y los mayores exportadores EE.UU., Argentina y China, siendo los principales mercados importadores la Unión Europea, Indonesia y Japón (Florkowski, 1994; Harvez, 1999; Busso *et al.*, 2004; Ackermann, 2009).

En la última década, Argentina se había consolidado como segundo exportador mundial de maní para consumo directo o “maní confitería” situándose entre China y Estados Unidos, con una exportación cercana a las 400.000 toneladas de maní confitería (Cámara Argentina del Maní, 2007). En los últimos años nuestro país paso a ser el primer exportador mundial de maní confitería con más de 500.000Tn, lo que representa un ingreso de más de U\$S600 millones (Martínez *et al.*, 2010).

En el contexto de la producción nacional, Córdoba es la primera provincia productora con un aporte de más del 90% al total nacional, lo que la convierte actualmente en uno de los principales exportadores mundiales de maní. También, en esta provincia se asienta la totalidad de la industria transformadora (plantas de secado, procesamiento y acondicionamiento de maní confitería) y las fábricas aceiteras que procesan los excedentes de la producción de maní para consumo directo. Alrededor de 30 plantas de procesamiento ocupan en forma directa aproximadamente 3.000 personas. Si se consideran las actividades secundarias que esta industria genera, el número de personas empleadas alcanza las 10.000 (Rollán, 2000; Busso *et al.*, 2004).

Si bien Córdoba sigue produciendo más del 90% del maní argentino, en las últimas campañas se ha registrado un fuerte desplazamiento hacia los departamentos del sur y provincias limítrofes como San Luis y La Pampa (March y Marinelli, 1995; Citivaresi *et al.*, 2002; Fiant *et al.*, 2011). La principal causa de este desplazamiento hacia el sur de Córdoba y provincias vecinas fueron las pérdidas ocasionadas por enfermedades fúngicas (Barberis *et al.*, 2010 Busso *et al.*, 2004).

Como sucede en todas las áreas productoras del mundo, la principal enfermedad del cultivo es la viruela del maní (*Cercospora arachidicola-Cercosporidium personatum*) (McDonald *et*

*al.*, 1985; Waliyar, 1991; Moraes *et al.*, 1994; Pedelini, 1994; Culbreath *et al.*, 2002; March y Marinelli, 2005; Monfort *et al.*, 2004). Sin embargo las mayores pérdidas en nuestra región manisera fueron ocasionadas por patógenos de suelo (March *et al.*, 2001; March y Marinelli, 2005, Oddino *et al.*, 2007; 2010). Dentro de las enfermedades causadas por estos patógenos, las más importantes en nuestra región son el tizón del maní (*Sclerotinia minor* y *S. sclerotiorum*), el marchitamiento (*Sclerotium rolfsii*), la podredumbre parda de la raíz (*Fusarium solani*) y el carbón (*Thecaphora frezii*) (March *et al.*, 1999; March y Marinelli, 2005; Marinelli *et al.*, 2008; Oddino *et al.*, 2008 a; Marraro Acuña *et al.*, 2009 a).

De las enfermedades citadas, el carbón es la que mayor incremento ha tenido en los últimos años en su prevalencia e intensidad (Marinelli *et al.*, 2010), encontrándose distribuida en toda la región manisera de la provincia de Córdoba (Oddino *et al.*, 2007; 2008 b).

Este patosistema está integrado por el patógeno *Thecaphora frezii*, el hospedante *A. hypogaea*, especies silvestres de *Arachis*, y las condiciones ambientales, especialmente de suelo, no claramente determinadas hasta el presente. *T. frezii* es un hongo perteneciente a la clase *Ustilaginomycetes*, que se caracteriza por producir soros, masa de esporas, de coloración marrón rojizo, constituidas por varias teliosporas fuertemente unidas, formando glomérulos de 2 a 7 que ocupan parte o toda la semilla, de una o las dos semillas de la vaina (Astiz Gasso *et al.*, 2008; Marinelli *et al.*, 2008).

Es un organismo biotrófico que produce infección y colonización “localizada”, por lo que cada soro o agalla (semilla afectada) que se observa corresponde a una infección originada por la germinación de una teliospora presente en el suelo. Esta germinación es estimulada por compuestos liberados por el ginóforo, siendo el “extracto” del mismo, el medio más adecuado para la producción del tubo germinativo, probasidio y formación de basidiosporas. Las basidiosporas, luego de aparearse, dan origen al micelio dicariótico e infectivo que penetra al ginóforo produciendo alteración en el crecimiento de la vaina (hipertrofia), alcanzando a la semilla en desarrollo, a la que coloniza total o parcialmente, quedando entonces transformadas en una masa carbonosa (Marinelli *et al.*, 2008). Además, se ha observado, especialmente en la campaña agrícola 2009/10, que los frutos afectados podrían tener tamaño y forma normal (sin hipertrofia), pero encontrándose en el interior la masa carbonosa (Marinelli *et al.*, 2010).

Las pérdidas que ocasiona el carbón del maní son muy variables dependiendo de los niveles de incidencia y severidad del lote de producción, habiéndose determinado que por cada grado de severidad los rendimientos disminuyen un 30% (Oddino *et al.*, 2010).

Para el manejo del carbón del maní, se han probado diferentes herramientas, como efecto de las rotaciones (Marraro Acuña y Murgio., 2010; Oddino *et al.*, 2010), labranzas (Marraro Acuña *et al.*, 2009 b) y resistencia genética (Marraro Acuña *et al.*, 2009 a; Cignetti *et al.*,

2010), pero ninguna de ellas ha logrado hasta el momento disminuir significativamente la intensidad de la enfermedad.

Uno de los factores fundamentales a la hora de elegir la mejor herramienta de manejo es saber cuantificar correctamente una enfermedad, para lo cual además de contar con una escala validada es importante disponer de un diseño y tamaño óptimo de muestreo (March *et al.*, 2011). El diseño y tamaño de la muestra pueden cambiar de acuerdo a como la enfermedad se presenta en el lote, siendo muy importante también contar con la distribución espacial de la misma para comprender las posibles fuentes de introducción del patógeno y su dispersión en el lote (Campbell y Madden, 1990).

Considerando la importancia del cultivo de maní para Córdoba y las pérdidas que ocasiona el carbón, es importante disponer de una metodología correcta para la detección y medición de la enfermedad. Por esta razón, establecer el mejor diseño de muestreo, tamaño óptimo de la muestra y gradientes de dispersión del patógeno es fundamental para disminuir el porcentaje de error y reducir tiempos y costos de cuantificación de la enfermedad.

## **HIPOTESIS**

Las plantas procesadoras de maní, tienen influencia sobre la distribución espacial y sobre el gradiente de dispersión del carbón de maní (*Thecaphora frezii*).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar un tamaño óptimo de muestreo, distribución espacial y gradiente de dispersión del carbón de maní causado por *Thecaphora frezii*.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1) Cuantificar la incidencia y severidad del carbón del maní.
- 2) Establecer el tamaño óptimo de muestreo de carbón del maní.
- 3) Conocer el patrón de distribución espacial del carbón del maní.
- 4) Determinar el gradiente de dispersión del carbón del maní desde una fuente de inóculo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un lote de maní cv. granoleico ubicado en el área rural de Charras (Provincia de Córdoba) (Figura 1), sembrado el 10 de octubre de 2011. A 200 metros al sur del mismo se encuentra la planta procesadora de maní de la empresa Olega S.A., por lo que se tomó como hipótesis, al momento de tomar las muestras, que ésta sería una fuente importante de inóculo.



Figura 1: Lote donde se realizó el estudio. Área rural de Charras, campaña 2011/2012.

Los muestreos se realizaron en el estado de madurez fisiológica del cultivo. Se establecieron en el lote tres sitios de muestreo siguiendo un diseño en W en cada uno. Los sitios (cada W) identificados como 1 y 3 estaban a 20 surcos de los laterales y 10 m de las cabeceras, mientras que el sitio 2 estaba aproximadamente en el centro del lote, siendo geo referenciados cada sitio. Respecto a la distancia a la planta procesadora, el sitio 1 era el más cercano a la planta, y el 3 el más alejado (Figura 2).

Cada brazo de W estuvo compuesto por 10 estaciones de muestreo, donde en cada una se recolectaron 2 plantas, por lo tanto fueron 20 muestras (plantas) por brazo de W, es decir 80 plantas por W o zona de muestreo, haciendo un total de 240 plantas en el lote.



Figura 2: Fotografía aérea donde se realizó la experiencia, el contorno negro encierra el lote muestreado y los óvalos rojos, azul y verde encierran las zonas de muestreo: 1 (En rojo. Z-1), 2 (En celeste. Z-2) y 3 (En verde. Z-3) en el lote, y ubicación de la planta de Olega S.A.

### ***Incidencia y Severidad***

En laboratorio se evaluó la intensidad de la enfermedad, determinada según parámetros de incidencia y severidad sobre cada una de las muestras.

La incidencia del carbón del maní se determinó según la cantidad de vainas enfermas (% de vainas enfermas) sobre el total de vainas muestreadas:

$$\text{Incidencia} = (\text{N}^\circ \text{ vainas enfermas} / \text{N}^\circ \text{ vainas totales}) \times 100$$

La severidad se estimó utilizando la escala propuesta por Marinelli *et al.* (2010), de 5 grados, donde: Grado 0: Vainas sin carbón; Grado 1: Vaina normal, una semilla con pequeño soro; Grado 2: Vaina deformada o no, una semilla mitad afectada; Grado 3: Vaina malformada y toda una semilla carbonosa; Grado 4: Vaina malformada y las dos semillas carbonosas (Figura 3).

Y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de severidad} = (0 \times (\text{n}^\circ \text{ vainas grado "0"} / \text{n}^\circ \text{ vainas totales})) + (1 \times (\text{n}^\circ \text{ vainas grado "1"} / \text{n}^\circ \text{ vainas totales})) + (2 \times (\text{n}^\circ \text{ vainas grado "2"} / \text{n}^\circ \text{ vainas totales})) + (3 \times (\text{n}^\circ \text{ vainas grado "3"} / \text{n}^\circ \text{ vainas totales})) + (4 \times (\text{n}^\circ \text{ vainas grado "4"} / \text{n}^\circ \text{ vainas totales}))$$

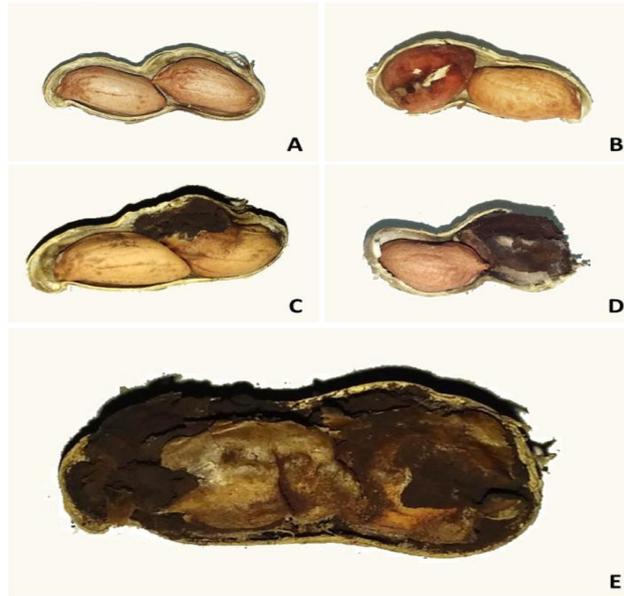


Figura 3: Determinación de grados de carbón en granos de maní, mediante la utilización de la escala propuesta por Marinelli *et al.* (2010). Escala según grados de severidad para el carbón del maní. A: Grado 0. B: Grado 1. C: Grado 2. D: Grado 3. E: Grado 4.

#### ***Tamaño óptimo de muestra***

La estimación del tamaño óptimo de muestra se realizó a través de la propuesta de Kranz y Rotem (1988), que considera la exploración gráfica de los valores promedios y desvíos estándar de la incidencia y severidad de una enfermedad en función del número de muestras evaluadas (March *et al.*, 2011), utilizando el programa SDS Ver. 1.0.

Se computaron la media y desviación estándar de la intensidad correspondiente al carbón del maní a medida que una nueva muestra se incorporaba. Con los datos obtenidos se graficaron los desvíos y las medias en las ordenadas (eje y) y el tamaño de muestra en la abscisa (eje x). De acuerdo con Campbell y Madden (1990) estas curvas se estabilizan después de un cierto número de muestras siguiendo un diseño similar; considerando ese punto de relativa estabilidad como tamaño óptimo de la muestra (TOM), el que estará dado por el número correspondiente en la abscisa.

***Patrón de distribución espacial***

Para la determinación del patrón de distribución espacial se utilizaron dos índices de agregación (March *et al.*, 2004):

-La relación varianza-media (VM): mediante la ecuación  $VM = S^2/x$ , donde  $S^2$  y  $x$  son la varianza y la media de la incidencia y severidad de carbón respectivamente. Cuando este índice es igual a 1 significa que la disposición espacial es al azar; si el índice es menor a 1 la distribución es uniforme o regular, y si el índice es mayor a 1 la disposición es agregada.

-El índice de Morisita: calculado a través de la ecuación  $I_s = n [\sum x(x-1)] / \sum x(\sum x-1)$ , donde  $x$  representa el valor en cada estación y  $n$  el número de estaciones. Los resultados del Índice de Morisita tienen la misma interpretación que la relación VM (=1: Azar; <1: Regular; >1: Agregado).

***Gradiente de dispersión***

Para la determinación del gradiente de dispersión se consideró la planta procesadora de Olega S.A. como posible fuente de inóculo del lote. Con los datos de incidencia y severidad obtenidos en cada sitio de muestreo se analizaron modelos matemáticos de tipo lineal, exponencial, logarítmico y polinómico, para determinar el de mejor ajuste y que permita explicar el gradiente de dispersión de las esporas del carbón de maní. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) se utilizó para seleccionar el modelo que mejor describió el gradiente (March *et al.*, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Cuantificación de incidencia y severidad*

Los resultados de la evaluación de incidencia y severidad se observan en el cuadro 1, indicando además la distancia a la planta procesadora de cada zona muestreada.

Cuadro N° 1: Incidencia y Severidad promedio del carbón de maní de cada zona de muestreo, y distancia en metros a la planta de Olega S.A.

	<b>Distancia (mts) a la planta procesadora</b>	<b>Incidencia (%)</b>	<b>Severidad (0 – 4)</b>
<b>Zona 1</b>	<b>1171,73 metros</b>	8,35	0,26
<b>Zona 2</b>	<b>1340,04 metros</b>	8,81	0,3
<b>Zona 3</b>	<b>1652,14 metros</b>	9,01	0,29

### *Tamaño óptimo de muestra*

A continuación se muestran los gráficos de la determinación del tamaño óptimo de muestra con el método de Kranz, para cada zona de muestreo, y considerando los valores de incidencia (Figuras 4, 6 y 8) y severidad (Figuras 5, 7 y 9).

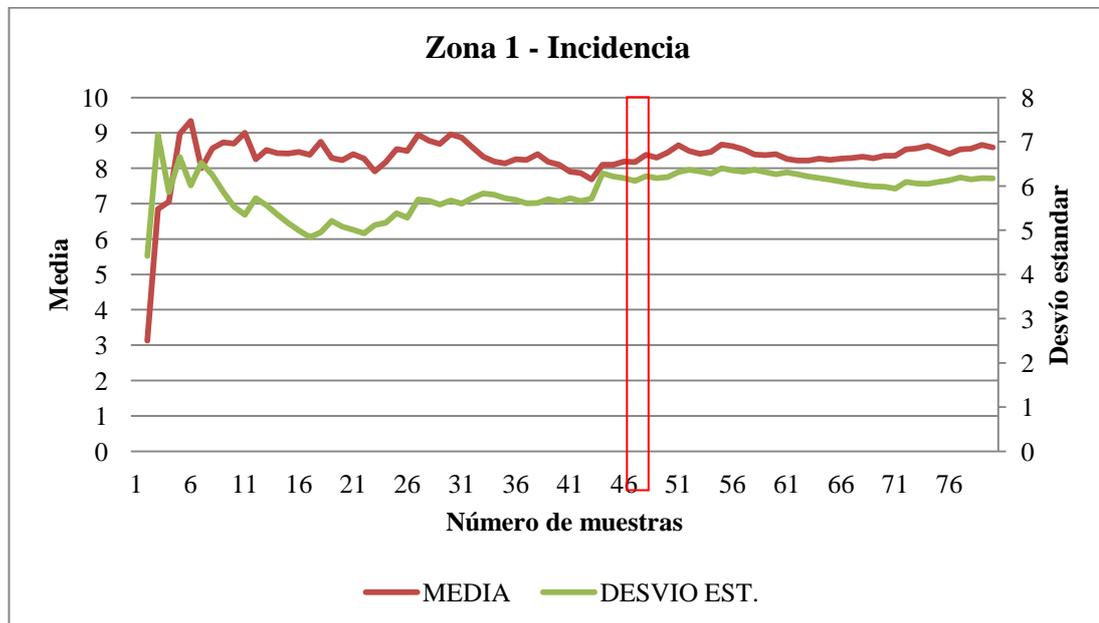


Figura 4: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la incidencia del carbón del maní en la zona 1 (1171,73mts a la planta procesadora).

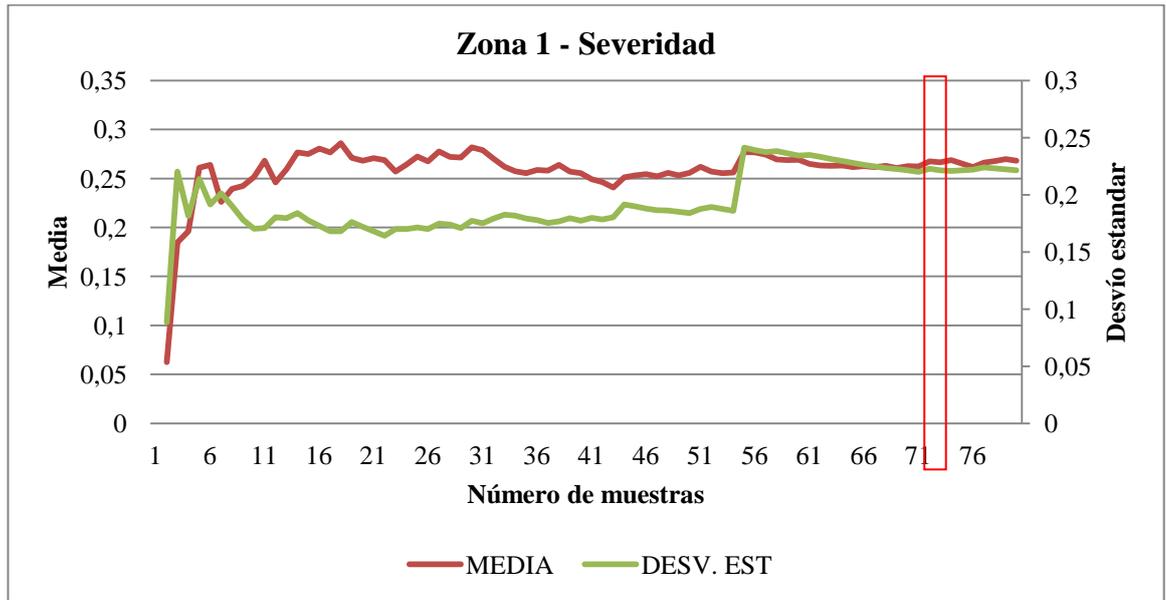


Figura 5: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la severidad del carbón del maní en la zona 1 (1171,73mts a la planta procesadora).

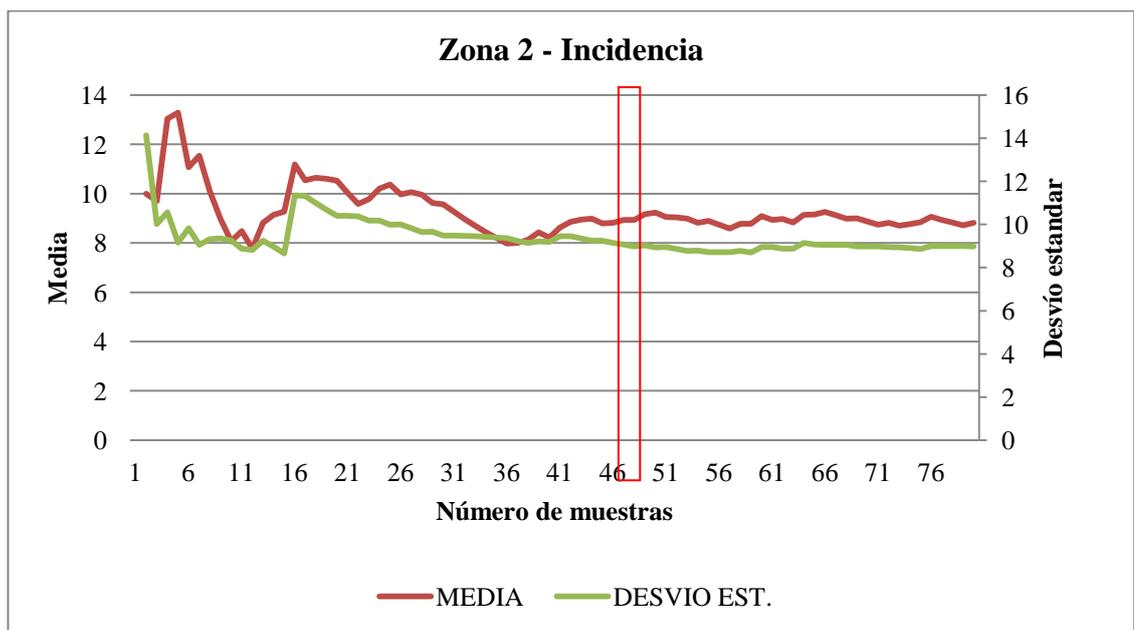


Figura 6: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la incidencia del carbón del maní en la zona 2 (1340,04mts a la planta procesadora).

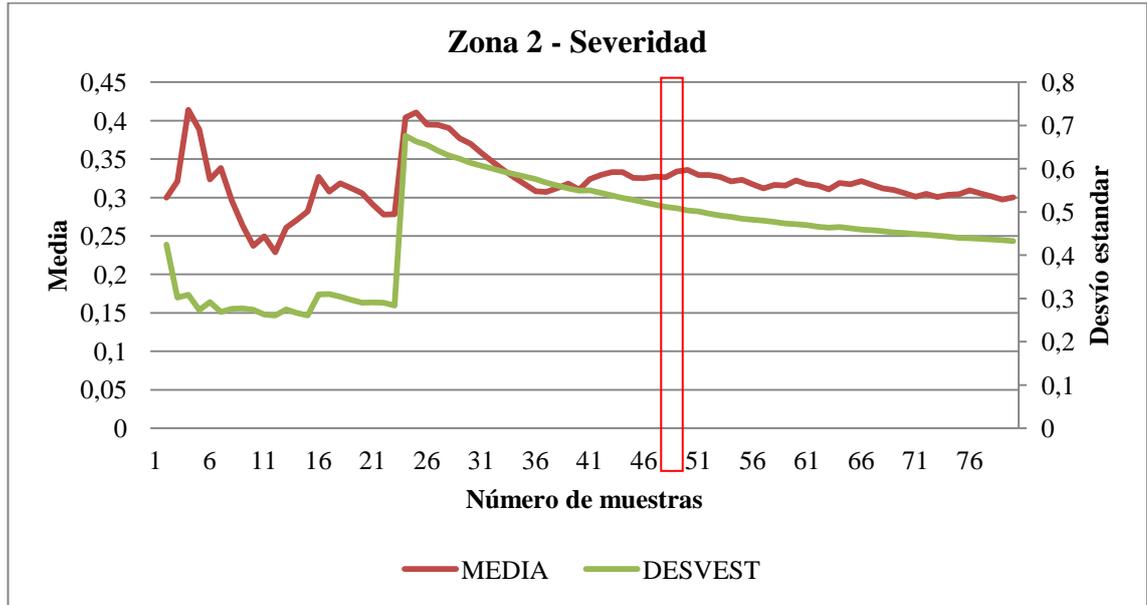


Figura 7: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la severidad del carbón del maní en la zona 2 (1340,04mts a la planta procesadora).

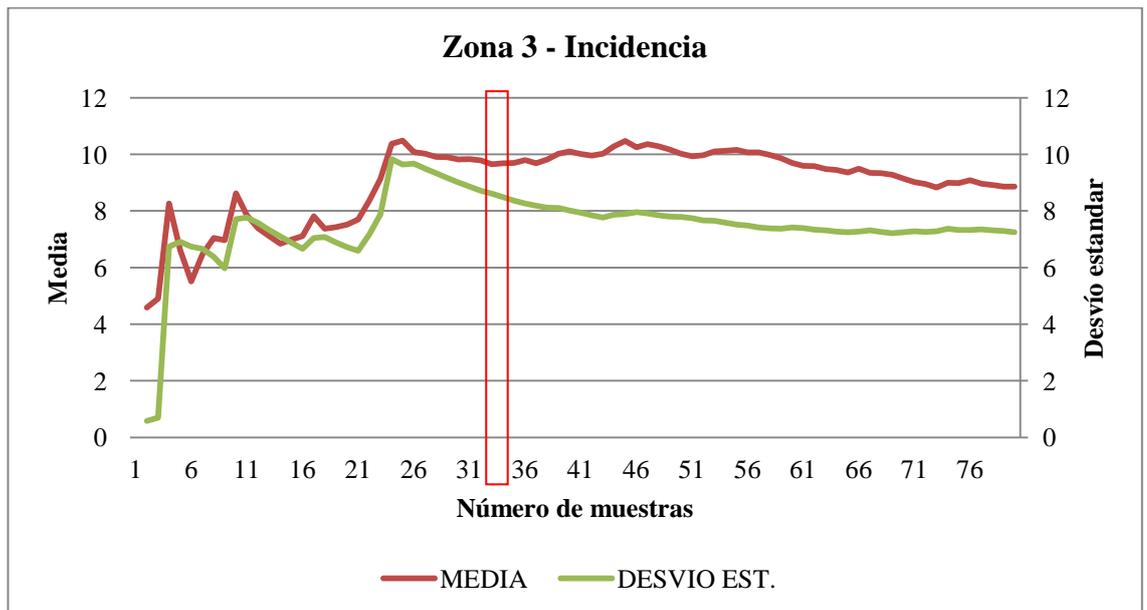


Figura 8: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la incidencia del carbón del maní en la zona 3 (1652,14mts a la planta procesadora).

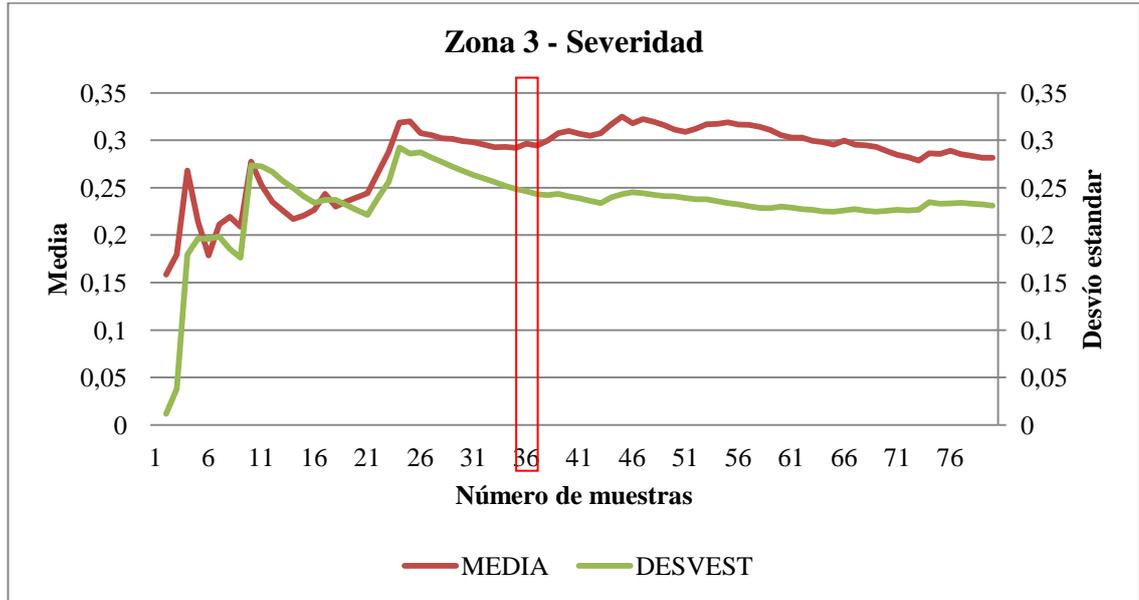


Figura 9: Método gráfico de Kranz (Curvas de media y desvío estándar) para la severidad del carbón del maní en la zona 3 (1652,14mts a la planta procesadora).

Analizando los gráficos podemos observar que para las zonas 1 y 2 el TOM para la incidencia fue similar en ambas, siendo entre 46-50 muestras el tamaño óptimo (Figuras 4 y 6). Para la variable severidad, se obtuvo un tamaño de muestra próximo a 52 en la zona 2 (Figura 7), mientras que la zona 1 se obtuvo un TOM entre 72-75 muestras (Figura 5). En la zona 3 el tamaño de muestra que se obtuvo fue de aproximadamente 36 muestras, tanto para incidencia como para severidad (Figuras 8 y 9), siendo menor el tamaño de muestreo en comparación a las zonas 1 y 2.

Haciendo un promedio del TOM en cada zona de muestreo podemos decir que para evaluar incidencia de carbón de maní un tamaño de muestra adecuado sería alrededor de 42 muestras, y para evaluar severidad un TOM de 53 muestras.

Esta metodología de Kranz para determinar el TOM también se aplicó para otros estudios en maní, por ejemplo Lattuada (2015), que determinó el tamaño óptimo de muestra para la viruela del maní (*Cercospora arachidicola* – *Cercosporidium personatum*), y encontró que el mismo osciló entre 5 y 40 muestras, variando además en función del parámetro considerado para determinarlo (Incidencia o Severidad), al igual que en este trabajo. Peralta (2015), determinó que el TOM para la cuantificación de la densidad de inóculo en suelo de *Thecaphora frezii*, fue de 25 muestras para el lote en promedio, siguiendo un diseño en W.

***Patrón de distribución espacial***

En el cuadro 2 se observan los resultados de la relación varianza- media y el índice de Morisita, calculados para la incidencia de la enfermedad en cada zona de muestreo.

Cuadro 2: Patrón de distribución espacial del carbón de maní según relación varianza media e índice de Morisita, para la incidencia de las zonas 1, 2 y 3.

	<b>Rel. Var/media</b>	<b>Índice Morisita</b>	<b>Patrón de distribución espacial</b>
<b>Zona 1</b>	10,80	2,13	AGREGADO
<b>Zona 2</b>	9,16	1,92	AGREGADO
<b>Zona 3</b>	10,79	2,10	AGREGADO

En el cuadro 3 se observan los resultados de la relación varianza- media y el índice de Morisita, calculados para la severidad de la enfermedad en cada zona de muestreo.

Cuadro 3: Patrón de distribución espacial del carbón de maní según relación varianza media e índice de Morisita, para severidad de las zonas 1, 2 y 3.

	<b>Rel. Var/media</b>	<b>Índice Morisita</b>	<b>Patrón de distribución espacial</b>
<b>Zona 1</b>	0,42	-1,19	REGULAR
<b>Zona 2</b>	0,62	-0,29	REGULAR
<b>Zona 3</b>	0,34	-1,38	REGULAR

Cuando fue utilizada la incidencia para calcular la relación V/M y el índice de Morisita para determinar el patrón de distribución espacial del carbón del maní, se observó que para las 3 zonas ambos índices fueron superiores a uno, indicando para la variable incidencia un patrón de distribución espacial agregado (Cuadro 2).

Un patrón de distribución agregada nos indica que *Thecaphora frezii* se encuentra agrupado en diferentes sectores del terreno, en manchones, y que la presencia de carbón en una planta de maní aumenta la posibilidad de encontrar otra planta o caja de una misma planta con carbón. Posiblemente la presencia de manchones o agregados de la enfermedad responda a la presencia de micro relieves del suelo (Schuh *et al.*, 1986).

En el caso de la severidad, la relación V/M y el índice de Morisita para las tres zonas indican un patrón de distribución espacial regular, ya que los valores son menores a uno (Cuadro 3).

Esta diferencia en el patrón de distribución espacial, entre la incidencia y la severidad se puede explicar con la teoría que desde la planta procesadora de maní, se eleva una nube de esporas, posiblemente por el calor generado en las máquinas, que las impulsarían hacia

arriba, hasta cierta altura para luego descender como un manto regular de esporas de *Thecaphora frezii* sobre el lote, impulsada por los vientos.

Algunos autores, como Grieg-Smith, (1983); Pielou, (1977) y Southwood, (1978), indican que los cambios en el patrón espacial deben considerarse junto con los cambios en el tamaño de la población (densidad del inóculo o incidencia/severidad de la enfermedad) cuando se interpreta la dinámica poblacional. Por ejemplo, un gran cambio de la enfermedad altamente agregada, temprano en una epidemia, a una enfermedad más dispersa más avanzada la epidemia puede ser una medida de la eficacia relativa del mecanismo de dispersión. Lo que coincidiría con la teoría de la liberación de las esporas desde la planta procesadora, que determina una distribución regular si consideramos la severidad de la enfermedad.

También Campbell y Noe, (1985), estudiaron que los organismos biológicos se asocian en diferentes grados en un marco espacial. Esta asociación varía a lo largo de un continuo desde un alto grado de agregación hasta un alto grado de regularidad. Factores que determinan el grado de asociación espacial y el patrón espacial resultante incluyen características específicas de la especie (agresividad, fecundidad, motilidad), asociaciones interespecíficas, factores físicos y biológicos, influencias ambientales y numerosas interacciones complejas entre estos factores.

Ejemplos donde se utilizaron estos índices para evaluar la distribución espacial de enfermedades se menciona que la relación V/M se utilizó para determinar que la incidencia de plantas enfermas de maní con podredumbre del tallo causada por *Sclerotium rolfsii* tenía un patrón de distribución espacial agregado (Punja *et al.*, 1985). También se ha informado que las densidades de inóculo de *Cylindrocladium crotalariae* (Taylor *et al.*, 1981), *S. rolfsii* (Punja *et al.*, 1985) y *Verticillium dahliae* (Smith y Rowe, 1984) tienen patrones espaciales agregados, como se indica por las relaciones V/M mayores de uno.

Martin *et al.* (1983), estudiaron el tizón foliar en festuca, causado por *Rhizoctonia* spp. La relación V/M fue mayor que la unidad para los datos de densidad del inóculo, mientras que la relación V/M para los datos de severidad de la enfermedad fue menor a uno en un año y mayor a uno en el siguiente año. El posible menor grado de agregación del inóculo en el primer año puede explicarse en parte por la ocurrencia más regular de la enfermedad; sin embargo, la dispersión aérea secundaria del patógeno complicó esta interpretación.

Otro trabajo es el realizado en Texas, Estados Unidos por Schuh *et al.*, (1986), para la determinación del patrón de distribución del mildiu en sorgo, utilizando Morisita. En el cual se concluyó que la distribución del mildiu en sorgo es agregada.

***Gradiente de dispersión***

Si comparamos los  $R^2$  para ver el modelo de mejor ajuste obtenemos los siguientes valores (Cuadro 4).

Cuadro 4: Comparación del  $R^2$  de diferentes modelos matemáticos que explican el gradiente de dispersión del carbón del maní.

	Coeficiente de determinación ( $R^2$ )	
	Incidencia	Severidad
Exponencial	0.87	0.19
Lineal	0.87	0.17
Logarítmico	0.95	0.29
Polinómico orden 2	1	1

Los modelos tradicionales que explican gradientes de dispersión, como Taylor y Exponencial negativo, indican que la intensidad de la enfermedad disminuye desde una fuente de inóculo, a medida que aumenta la distancia, es decir, cuando nos vamos alejando de la misma. En este caso de estudio, y hasta la distancia de 1600mts que fue hasta donde se evaluó la enfermedad no se observó este comportamiento. Se observa que el modelo que mejor ajusta para explicar el gradiente de dispersión del carbón del maní desde una fuente de inóculo es el polinómico de orden 2, tanto para la incidencia como para la severidad (Cuadro 4), presentando un  $R^2$  del 100%. En las figuras 10 y 11 se grafican los valores reales de la incidencia y la severidad y la línea de tendencia correspondiente a la curva polinómica, con su ecuación de ajuste.

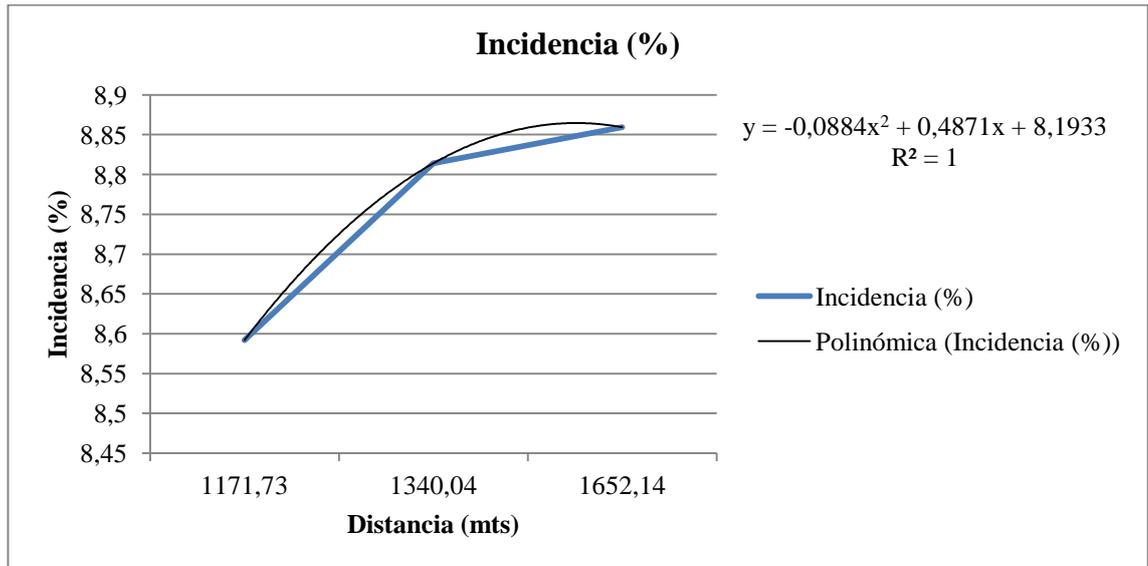


Figura 10: Gradiente de dispersión y ajuste de la curva polinómica para Incidencia

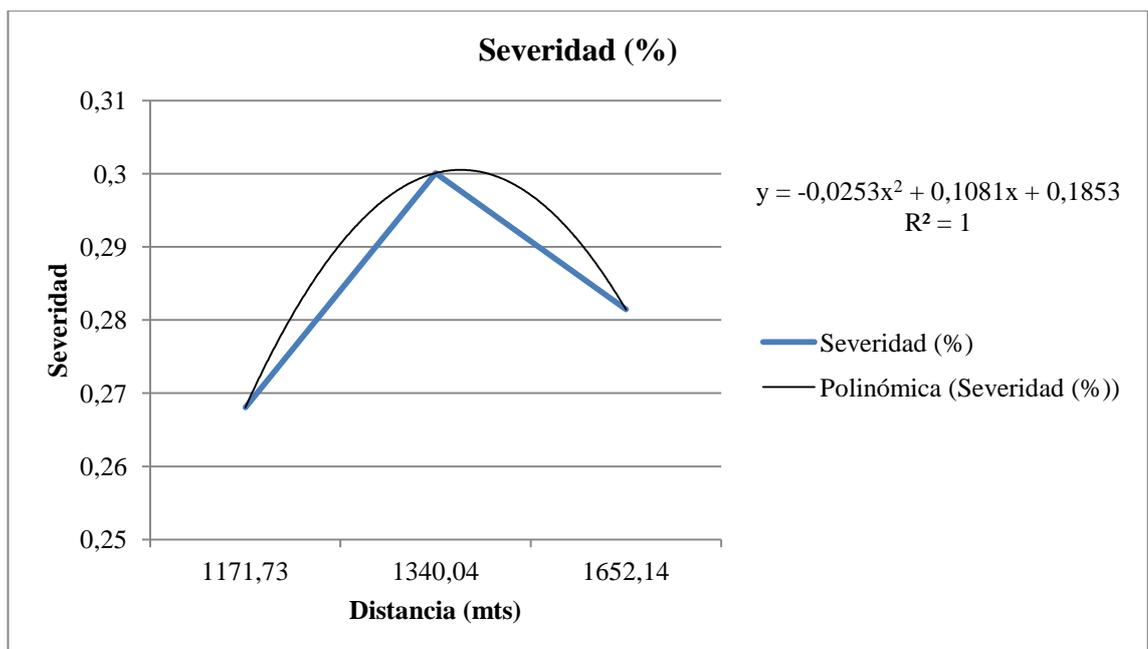


Figura 11: Gradiente de dispersión y ajuste de la curva polinómica para severidad.

Una línea de tendencia polinómica es una línea curva que se utiliza cuando los datos fluctúan. El orden del polinomio se puede determinar mediante el número de fluctuaciones en los datos o en función del número de máximos y mínimos que aparecen en la curva (MS Graph, 2007). Una línea de tendencia polinómica de orden 2 suele tener sólo un máximo o un mínimo, tal como sucede en este caso del carbón, donde se observa el máximo de enfermedad en la distancia intermedia y luego comienza a disminuir.

Esta teoría se observa perfectamente en la curva de severidad (Figura 11), donde puede observarse que la misma tiene un pico en la zona 2, la del centro del lote y luego vuelve a decaer en la zona 3 a valores similares a la zona 1. Para el caso de la incidencia también se observa un ajuste del 100% de la curva polinómica. Esto podría explicarse indicando que las esporas de *Thecaphora frezii*, liberadas desde la planta procesadora, se elevan hasta una altura determinada y luego caen sobre el lote como un manto regular, alcanzando la máxima enfermedad en el lugar de la caída, aproximadamente 1350 metros de la fuente de inóculo, que corresponde a la zona 2. Con lo cual se podría estar pensando que la nube de esporas que es arrastrada por el viento hacia el lote, en su mayoría se deposita en la zona 2 y en menor cantidad en la zona 3. En la zona de estudio, la dirección de los vientos sur-sureste y sureste ocurren anualmente en un 8,4% y 8,2% respectivamente (Windfinder 2016), que es la dirección por la que el viento dispersaría las esporas desde la planta procesadora (ubicada al sur) al lote. Si bien no son los vientos predominantes de la zona son importantes a considerar para esta teoría.

Un dato importante a tener en cuenta es que la distancia hasta la que se evaluó la enfermedad en este trabajo (1600mts) fue corta para poder observar la disminución de la enfermedad desde la fuente de inóculo, por lo que en futuros ensayos se deberían tomar distancias mayores para observar como fluctúa la enfermedad, analizando si a partir de los 1600mts la enfermedad ya disminuye o se presentan nuevos picos de aumento de intensidad.

## CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada sobre la implementación de métodos estadísticos para la determinación del tamaño óptimo de muestreo, distribución espacial y gradiente de dispersión del carbón del maní, y en base a los objetivos planteados al inicio de este trabajo, las conclusiones a las que arribamos están dadas por:

- El **tamaño óptimo de muestreo** establecido para el carbón del maní *Thecaphora frezii* para *incidencia* es de 42 muestras, mientras que para *severidad* el mismo es de 53 muestras.
- El **patrón de distribución espacial** del carbón del maní *Thecaphora frezii* para *incidencia* es agregado mientras que para la *severidad* dicho patrón es regular.
- El **gradiente de dispersión** tanto para la *incidencia* como para la *severidad* se ajusta a una curva polinómica de segundo grado. Es decir que la intensidad de la enfermedad no disminuye al aumentar la distancia desde la fuente de inóculo, sino que alcanza un pico a una distancia intermedia y luego comienza a disminuir.

A partir de los resultados obtenidos se puede aceptar la hipótesis planteada en el trabajo que las plantas procesadoras de maní tienen influencia sobre la distribución espacial y sobre el gradiente de dispersión del carbón de maní (*Thecaphora frezii*).

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACKERMANN, B. 2009. Nuevos escenarios. Nuevas visiones. En: actas de resúmenes XXIV Jornada Nacional del Maní. p: 4-6.
- ASTIZ GASSO, M.; R. LEIS; A. MARINELLI. 2008. Evaluación de incidencia y severidad del carbón de maní (*Thecaphora frezii*) en infecciones artificiales, sobre cultivares comerciales de maní. En: Actas de Resúmenes 1º Congreso Argentino de Fitopatología. p: 161.
- BARBERIS, N.A., E. BIANCHI y R. G. BONGIOVANNI. 2010. Factores condicionantes para el desarrollo del mercado internacional del maní. Consideraciones estratégicas de marketing a partir de la experiencia internacional. **25º Jornada Nacional de maní**. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 83-84.
- BUSSO, G; M. CIVITARESI, A. GEYMONAT y R. ROIG. 2004. Situación socioeconómica de la producción de maní y derivados en la región centro-sur de Córdoba. Ed. UNRC. 163 p.
- CÁMARA ARGENTINA DEL MANÍ. 2007. En: [www.camaradelmani.com.ar/ espanol/exportaciones-2/](http://www.camaradelmani.com.ar/ espanol/exportaciones-2/). Consultado: 20-11-2013.
- CAMPBELL, C. L. y L. V. MADDEN. 1990: Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. 532 p.
- CAMPBELL, C. L., y J. P. NOE. 1985. The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases. Annual Review of Phytopathology, 23(1), 129-148.
- CIGNETTI, M.; J. BALDESSARI; F. MARRARO ACUÑA; P. MAZZINI. 2010. Evaluación multianual de cultivares de maní frente al carbón (*Thecaphora frezii*). En: actas de resúmenes XXV Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 20-22.
- CIVITARESI, M., E. BIANCONI; L. GONZÁLEZ IRUSTA. 2002. Localización y caracterización de la producción de oleaginosas en la provincia de Córdoba. XI Jornadas de Investigación y Trabajo Científico y Técnico de la Facultad de Ciencias Económicas-UNRC, Río Cuarto, Argentina.
- CULBREATH, A.K.; K. L. STEVENSON; T. B. BRENNEMAN. 2002. Management of late leaf spot of peanut with benomyl and chlorothalonil: A study in preserving fungicide utility. Plant Disease 86 (4): 349-355.
- FIANT, S.; C. ALONSO; T. FONTANA; C. SPINAZZÉ; D. COSTERO; L. BONVEHI. 2011. Caracterización de la producción de maní. Campaña 2010/11. En: Actas de Resúmenes XXVI Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 34-36.
- FLORKOWSKI, W.J. 1994. Groundnut production and trade. En: The groundnut Crop (J. Smart, ed.). Chapman Hall, Reino Unido. p: 1-33.

- GRIEG-SMITH, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. Berkeley: Univ. Calif. Press. 359 pp. 3rd ed.
- HAMMONS, R.O. 1982. Origin and early history of the peanut. En: Peanut Science and technology (H.E. Pattee and C.T., Young, eds.). American Peanut Research Education Society, Yoakum, Estados Unidos. p: 1-20.
- HAMMONS, R.O. 1994. The origin and history of the groundnut. En: The Groundnut Crop (Smartt, J. ed.). Chapman & Hall. Londres, Inglaterra. p: 24-42.
- HARVEZ, J. 1999. Situación y perspectivas del mercado. Agromercado Cuadernillo Maní 38: 44-52.
- KRANZ, J y J. ROTEM. 1988. Measuring plants. En: Experimental Techniques in Plants Disease Epidemiology . Ed. Springer – Verlag. Nueva York, Estados Unidos. p: 35-50.
- LATTUADA, S. D. 2015. Determinación del tamaño de muestra para la cuantificación de la viruela del maní causada por *Cercosporidium personatum*. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 36p.
- MARCH, G.J. y A. MARINELLI. 1995. Enfermedades del maní y sistema productivo. Maní, Avances en la investigación. 2: 2-18.
- MARCH, G.J.; y A. MARINELLI. 2005. Enfermedades del maní en la Argentina. 142pp. Ediciones Biglia.
- MARCH, G.J.; A. MARINELLI; A. RAGO; D. COLLINO. 1999. Influencia del estrés hídrico por sequía sobre la predisposición del maní (*Arachis hypogaea*) a infecciones por *Sclerotium rolfsii* . Bol. San. Veg., Plagas. 25: 523-528.
- MARCH, G.; A. MARINELLI; C. ODDINO; M. KEARNEY; S. PASTOR; S. VARGAS - GIL; J. GIUGGIA; D. REMEDI; C. JUSTIANOVICH. 2001. Crop loss Groundnut Pod Rot. International Arachis Newsletter. 21: 36-37.
- MARCH, G. J.; A. MARINELLI; C. ODDINO. 2004. Epidemiología Aplicada al Manejo de las Enfermedades de los Cultivos. p. 50.
- MARCH G. J., A. MARINELLI; C. M. ODDINO. 2011. Epidemiología aplicada al manejo de enfermedades de los cultivos. Manual del Curso de Especialización en Protección Vegetal. Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina. 96pp.
- MARINELLI, A.; G.J. MARCH; C. ODDINO. 2008. Aspectos biológicos y epidemiológicos del carbón del maní (*Arachis hypogaea* L.) causado por *Thecaphora frezii* Carranza & Lindquist. Agriscientia. 25: 1-5.
- MARINELLI, A; G.J. MARCH; C. ODDINO; J. GARCIA; A. RAGO; M. ZUZA. 2010. El carbón del maní de 1995 a 2010 de enfermedad emergente a enfermedad endémica y epidémica. XXV Jornada Nacional de Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 28-30.

- MARRARO ACUÑA, F.; P. MAZZINI; L. MORELLO; M. ZAZZETTI. 2009 a. Evaluación de cultivares de maní frente a carbón: *Thecaphora frezii*. En: XXIV Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 28-30.
- MARRARO ACUÑA, F.; P. MAZZINI; M. ZAZZETTI. 2009 b. Influencia de la labranza sobre la intensidad del carbón del maní. En: actas de resúmenes XXIV Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 24-26.
- MARRARO ACUÑA, F. y M. MURGIO. 2010. Efecto de los sistemas de labranza y rotaciones en el desarrollo del carbón del maní. En: actas de resúmenes XXV Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba. p: 8-10.
- MARTIN, S. B. JR. , C. L. CAMPBELL, L. T. LUCAS. 1983. Horizontal distribution and characterization of *Rhizoctonia* spp. in tall fescue turf. *Phytopathology* 73: 1064-68.
- MARTINEZ, M. J.; M. SILVA; R. BADINI; R. AGUILAR; M. INGA; M. TOMASONI; G. SPAHN; M. V. POLIOTTI; B. ACKERMANN; V. BRAILOVSKY; A. BERTINATTI; N. GROSSO. 2010. Maní de Córdoba/Córdoba peanuts: Denominación de Origen Certificada. 25° Jornada Nacional de Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 87-88.
- McDONALD, D.; P. SUBRAHMANYAM; R.W. GIBBONS; D.H. SMITH. 1985. Early and late leafspots of groundnut. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Inf. Bull. 21. Patancheru, A.P., India.
- MONFORT, W.S.; A. K. CULBREATH; K. L. STEVENSON; T. B. BRENNEMAN; D. W. GORBET; S. C. PHATAK. 2004. Effects of reduced tillage, resistant cultivars, and reduced fungicide inputs on progress of early leaf spot of peanut (*Arachis hypogaea*). *Plant Disease* 88: 858-864.
- MORAES, S.A.; I. J. GODOY; A. L. M. MARTINS; J. C. V. N. A. PEREIRA; M. J. PEDRO JÚNIOR. 1994. Epidemiologia da mancha preta (*Cercosporidium personatum*) em amendoim: resistencia, controle químico e progresso da doença. *Fitopatologia Brasileira* 19: 532-540.
- MORETZSOHN, M., S. LEAL-BERTIOLI, P. GUIMARAES, K. PROITE, A. JOSE, A. FÁVERO, M. GIMENES, J. VALLS, D. BERTIOLI. 2006. Mapeamento genético en *Arachis*. En: Actas de resúmenes V Encuentro Internacional de Especialistas en *Arachis*. p: 33-38.
- MS Graph. 2007. Elegir la mejor línea de tendencia para los datos. En: <https://support.office.com/es-es/article/Elegir-la-mejor-l%C3%ADnea-de-tendencia-para-los-datos-1bb3c9e7-0280-45b5-9ab0-d0c93161daa8>. Consultado: 10-12-2016.
- ODDINO, C.; A. MARINELLI; G. MARCH; M. ZUZA; J. GARCÍA. 2007. Evaluación regional de enfermedades de maní. Campaña 2006/07. En: actas de resúmenes XXII Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 10-13.

- ODDINO, C.; A. MARINELLI; M. ZUZA; G. J.MARCH. 2008 a. Influence of crop rotation and tillage on incidence of brown root rot of peanut (*Arachis hypogaea*) caused by *Fusarium solani* in Argentina. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 30: 575-580.
- ODDINO, C.; A. MARINELLI; M. ZUZA; J. GARCÍA; G. MARCH. 2008 b. Situación sanitaria regional del maní. En: actas de resúmenes, 1º Congreso Argentino de Fitopatología. p: 158.
- ODDINO, C., A. MARINELLI; G. MARCH; J. GARCÍA; L.TARDITI; L. D´ERAMO; S. FERRARI. 2010. Relación entre el potencial inóculo de *Thecaphora frezii*, la intensidad de carbón del maní y el rendimiento del cultivo. En: Actas de resúmenes XXV Jornada Nacional de Maní. General Cabrera, Córdoba, Argentina. p: 24-26.
- PEDELINI, R. 1994. Viruela del maní. En: Maní: Implantación, Cuidados Culturales, Cosecha, Secado y Almacenaje (M.A. Bragachini, ed.). INTA Manfredi, Córdoba. p: 39-46.
- PERALTA, V. S. 2015. Tamaño óptimo de muestra para la cuantificación de inóculo de *Thecaphora frezii*, y análisis de su dispersión. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 30p.
- PIELOU, E. C. 1977. *Mathematical Ecology*. New York: Wiley. 358 pp.
- PUNJA, Z., V. L. SMITH, C. L. CAMPBELL, y S. F. JENKINS. 1985. Sampling methods and extraction procedures for estimation of numbers, spatial pattern, and temporal distribution of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in soil. *Plant Dis*. In press.
- ROLLÁN, A. 2000. Apoyo financiero clave para el maní. *La Voz del Campo (La Voz del Interior)* 28/07/00. p: 6-7.
- SCHUH, W.; R.A. FREDERIKSEN; M. J. JEGER. 1986. Analysis of spatial patterns in sorghum downy mildew with Morisita's index of dispersion. *Disease detection and losses*. p: 446-450.
- SINGH, U. y B. SINGH. 1992. Tropical grain legumes as important human foods. *Econ. Bot.* 46: 310-321.
- SMITH, V. L. y R. C. ROWE. 1984. Characteristics and distribution of propagules of *Verticillium dahliae* in Ohio potato field soils and assessment of two assay methods. *Phytopathology* 74:553-56.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*. New York: Wiley. 524 pp. 2nd ed.
- TAYLOR, J. D., G. J. GRIFFIN, y K. H. GARREN. 1981. Inoculum pattern, inoculum density-disease incidence relationships, and population fluctuations of *Cylindrocladium cerotalariae* microsclerotia in peanut field soil. *Phytopathology* 71: 1297-1302.
- WALIYAR, F. 1991. Yield losses of groundnut due to foliar diseases in West Africa. *Proc. 2nd Reg. Groundnut Workshop, Niamey Niger. ICRISAT, Patancheru, India.*

-WINDFINDER. 2016. Previsiones e observaciones. En: [www.windfinder.com/windstatistics/cordoba](http://www.windfinder.com/windstatistics/cordoba). Consultado: 20-06-2016.