

Nueva metodología para la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (fríjol caupí), mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, en la provincia de Holguín, Cuba

Vilma Anastasia López Cruz

Tesis doctoral UDC / Año 2021



Programa de Doctorado en Investigación Agraria y Forestal



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Nueva metodología para la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (fríjol caupí), mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, en la provincia de Holguín, Cuba

Autora: Vilma Anastasia López Cruz

Tesis doctoral UDC / Año 2021

Directores: Jorge Paz Ferreiro

Eva Vidal Vázquez

Tutora: Eva Vidal Vázquez

Programa de Doctorado en Investigación Agraria y Forestal



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Programa Oficial de Doctorado en Investigación Agraria y Forestal

Tesis Doctoral

Nueva metodología para la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (frijol caupí), mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, en la provincia de Holguín, Cuba

Vilma Anastasia López Cruz

Enero 2021



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

D. Jorge PAZ FERREIRO, Profesor de la School of Civil, Environmental and Chemical Engineering del Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) University, Australia y **Dña. Eva VIDAL VÁZQUEZ**, Profesora Titular del Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de A Coruña (UDC)

CERTIFICAN

que la presente memoria titulada “**Nueva metodología para la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (fríjol caupí), mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, en la provincia de Holguín, Cuba**”, que para optar al grado de Doctora por la Universidad de A Coruña presenta **Dña. Vilma Anastasia LÓPEZ CRUZ**, ha sido realizada bajo nuestra dirección y supervisión dentro del Programa Oficial de Doctorado en Investigación Agraria y Forestal.

Considerando que constituye trabajo de Tesis Doctoral, autorizamos su presentación.

Y para que así conste, firmamos el presente certificado en A Coruña, a 14 de enero de 2021.

Fdo.: Jorge Paz Ferreiro

Fdo.: Eva Vidal Vázquez

Dedicatoria

A mi hija Indira y mi nieta Leah Isabella, que son la luz de mi vida.

A la memoria de mis padres, quienes, con su hermoso ejemplo de honestidad y sabiduría, alentaron siempre mi corazón; por sus invaluables consejos que fortalecieron mi alma y encaminaron mi vida, por el amor y la comprensión infinita.

AGRADECIMIENTOS

Hace mucho tiempo una frase llamó mi atención "La gratitud es la memoria del corazón". Quiero, por tanto, expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que de alguna manera influyeron en la realización y culminación de este proyecto.

A los miembros del grupo de Investigación del Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de A Coruña (UDC) que han colaborado en esta tesis con la Universidad de Holguín (UHO), por sus enormes esfuerzos para mantener vivos los lazos de unión, por su sincera amistad, ayuda incondicional, orientaciones y recomendaciones.

A la Dra. Eva Vidal Vázquez y al Dr. Jorge Paz Ferreiro por su guía y apoyo durante el transcurso de este trabajo y por la revisión del manuscrito.

A la Dra. Elena Fonet Hernández, de UHO, por sus conocimientos, su ayuda incondicional, sus recomendaciones, su paciencia y por su contribución absoluta a mi formación profesional y doctoral.

A mi esposo, Dr. Ramón C. Núñez Tablada, por su apoyo moral y su entusiasmo inagotable infundido en todo momento, y principalmente en los momentos más difíciles.

A mis queridas amigas y amigos de toda la vida, por el apoyo, la comprensión y el aliento que siempre me infundieron para seguir adelante.

Al Dr. Jorge González y las profesoras MSc. Matilde Padilla y MSc. Irma Alerma por la ayuda incondicional en la realización de los análisis estadísticos.

Al Dr. Esteban López Milán por su contribución a la mejora y presentación del documento.

A los compañeros del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Holguín y en especial al Ing. Angel Polanco Aballe que ya no está entre nosotros y a la MSc. Elsie Pupo por el valeroso apoyo para la realización de este trabajo.

A mis compañeros del CEAAR, del Departamento de Ciencias Agropecuarias y la Dirección de la Facultad por la colaboración y motivación constante.

Al Gobierno de Cuba y muy especialmente al gobierno de España por hacer posible las diferentes acciones que se llevaron a cabo en mi formación doctoral y en todo el proceso de desarrollo de la tesis.

RESUMEN

Las investigaciones que conforman esta tesis, se desarrollaron en las entidades productivas Granja Estatal General “José María Aurecochea” y la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “Augusto César Sandino”, del municipio Gibara, provincia Holguín, en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Holguín, en el Centro de Estudios para Agroecosistemas Áridos de la Universidad de Holguín, Cuba, y en el Área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de A Coruña, España, durante los años 2012 - 2016, con el objetivo de proponer una metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí) mediante la utilización de técnicas geoestadísticas, que permitan conocer con mayor objetividad y exactitud el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado, faciliten la toma de decisiones y disminuyan eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente, en la provincia de Holguín, Cuba.

Se utilizaron dos métodos de muestreo (muestreo diagonal y el sistemático no alineado) para la evaluación del patógeno en condiciones de campo, mientras que para los estudios en laboratorio se aplicaron los Procedimientos Normativos Operativos recomendados por el Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal de Cuba (2010) y, además, se utilizaron técnicas geoestadísticas y los análisis estadísticos de varianza, pruebas de hipótesis, gradiente ambiental y concurrencia de la especie en el gradiente ambiental.

Los resultados obtenidos muestran que, aunque existen en Cuba varias investigaciones sobre *R. solani* y una metodología para su estudio, aún persisten los daños provocados por este organismo, siendo necesario la búsqueda de nuevos métodos de muestreo, análisis estadístico y alternativas de avanzada que brinden una información más amplia, objetiva y detallada del comportamiento de este patógeno y constituyan una nueva metodología para su evaluación.

Se constató que a nivel mundial y en Cuba no existe información alguna sobre la estructura de la distribución espacial de *R. solani* en los cultivos agrícolas, según la bibliografía consultada en esta Tesis. Se notifica a *R. solani* como el principal patógeno del suelo asociado al cultivo de *V. unguiculata* (frijol caupí) en las áreas evaluadas, con porcentajes de frecuencia de aparición y distribución de más del 40%. Se evidenció una amplia diversidad genética de este patógeno, así como una alta patogenicidad en las entidades objeto de estudio. Se reporta por primera vez la estructura de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (frijol caupí), la cual denotó un comportamiento de tipo agregado de las poblaciones de este patógeno dentro de las áreas evaluadas, ajustándose principalmente a modelos de tipo exponencial y gaussiano. Además fue posible establecer las áreas específicas de infestación, ubicadas en los bordes de la parcela, lo cual es de gran utilidad para dirigir las medidas de control hacia esas zonas en concreto y reducir con ello los costos económicos y ambientales.

Se aportan nuevos conocimientos sobre la influencia que ejercen algunos factores abióticos sobre este organismo, así como los rangos de estos factores que ofrecen poca y cierta restricción a su presencia en el cultivo. Se demostró científicamente la superioridad del método de muestreo sistemático no alineado con respecto al método de muestreo diagonal y se propone una nueva metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí), a partir de la utilización de técnicas geoestadísticas, un nuevo método de muestreo (muestreo sistemático no alineado) y la aplicación de los análisis estadísticos del gradiente ambiental y los de concurrencia de la especie en el gradiente ambiental, la cual permitirá un conocimiento más profundo, objetivo y detallado del comportamiento de este patógeno en las áreas evaluadas, como fundamento científico para el diseño de futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control.

RESUMO

As investigacións que compoñen esta tese desenvolvéronse nas entidades produtivas Granxa Estatal Xeneral "José María Aurecochea" e a Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "Augusto César Sandino", do municipio de Gibara, provincia de Holguín, no Laboratorio Provincial de Sanidade Vexetal de Holguín, no Centro de Estudos para Agroecosistemas Áridos da Universidade de Holguín, Cuba, e na Área de Edafoloxía e Química Agrícola da Universidade da Coruña, España, durante os anos 2012 - 2016, co obxectivo de propoñer unha metodoloxía para caracterizar a estrutura e a interpretación da distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn no cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (feixón caupí) mediante o uso de técnicas xeostatísticas, que permitan coñecer con maior obxectividade e precisión o comportamento do patóxeno dentro da área avaliada para basear futuras estratexias de xestión integrada, facilitar a toma de decisións e reducir de xeito eficiente os efectos sobre o cultivo e o medio ambiente, na provincia de Holguín, Cuba.

Utilizáronse dous métodos de mostraxe (a mostraxe diagonal e a sistemática non aliñada) para a avaliación do patóxeno en condicións de campo, mentres que para os estudos de laboratorio se aplicaron os Procedementos Normativos Operativos recomendados polo Laboratorio Central de Corentena Vexetal de Cuba (2010) e, ademais, empregáronse técnicas xeostatísticas e as análises estatísticas da varianza, probas de hipóteses, gradiente ambiental e concorrencia da especie no gradiente ambiental.

Os resultados obtidos amosan que, aínda que en Cuba hai varias investigacións sobre *R. solani* e unha metodoloxía para o seu estudo, os danos causados por este organismo aínda persisten, polo que é necesario buscar novos métodos de mostraxe, análise estatística e alternativas avanzadas que ofrezan información máis ampla, obxectiva e detallada sobre o comportamento deste patóxeno e constitúan unha nova metodoloxía para a súa avaliación.

Non hai información sobre a estrutura da distribución espacial de *R. solani* nos cultivos agrícolas nin en Cuba nin no resto do mundo, segundo a bibliografía consultada nesta Tese. Asíumese que *R. solani* é o principal axente patóxeno do solo asociado ao cultivo de *V. unguiculata* (feixón caupí) nas áreas avaliadas, con porcentaxes de frecuencia de aparición e distribución superiores ao 40%. Evidenciouse unha ampla diversidade xenética deste patóxeno, así como unha alta patoxenicidade nas entidades en estudo. Estúdase, por primeira vez, a estrutura da distribución espacial de *R. solani* no cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (feixón caupí), que denota un comportamento de tipo agregado das poboacións deste patóxeno dentro das áreas avaliadas, axustándose principalmente a modelos de tipo exponencial. e gaussiano. Ademais, foi posible establecer áreas específicas de infestación, situadas nos bordos da parcela, o que é moi útil para dirixir as medidas de control cara a esas áreas específicas e reducir así os custos económicos e ambientais.

Proporcionáanse novos coñecementos sobre a influencia exercida por algúns factores abióticos sobre este organismo, así como sobre os rangos destes factores que ofrecen pouca e certa restrición á súa presenza no cultivo. A superioridade do método de mostraxe sistemática non aliñada sobre o método de mostraxe diagonal demostrouse cientificamente e propónse unha nova metodoloxía para caracterizar a estrutura e a interpretación da distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn no cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (feixón caupí), baseado no uso de técnicas xeoestadísticas, un novo método de mostraxe (mostraxe sistemática non aliñada) e a aplicación das análises estatísticas do gradiente ambiental e as da concorrencia da especie no gradiente ambiental, o que permitirá un coñecemento máis profundo, obxectivo e detallado do comportamento deste patóxeno nas áreas avaliadas, como base científica para o deseño de futuras estratexias de xestión integrada dirixidas ao seu control.

SUMMARY

The experimental research that conform this thesis, has been developed in the productive entities General State Farm “José María Aurecochea” and “Cooperativa de Producción Agropecuaria” (CPA) “Augusto César Sandino”, at the municipality Gibara, Holguin province, in the Provincial Laboratory of Vegetal Health of Holguín, belonging to the Centre of Studies for Arid Agroecosystems of the University of Holguín, Cuba, and in the Soil Science Area of the University of A Corunna, Spain. The aim of this work was to propose a methodology to characterise the structure and the interpretation of the space distribution of *Rhizoctonia solani* Kühn in the crop of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (caupí bean) by using geostatistical techniques, that allow to know with greater objectivity and accuracy the behaviour of the pathogen inside the area evaluated to base the future strategies of handle integrated, facilitate the decision making and an efficiently decrease of the affectations to the crop and to the environment, in the province of Holguín, Cuba.

Two different methods of sampling (diagonal sampling and the systematic non-aligned) were used for the evaluation of the pathogen in conditions of field, whereas for the studies in laboratory was applied the Operative Normative Procedures recommended by the Central Laboratory of Vegetal Quarantine of Cuba, and, besides, geostatistical techniques and common statistical analyses of variance, proofs of hypothesis, environmental gradient and concurrence of the species in the environmental gradient have been carried out.

The results obtained show that, although exist in Cuba several previos investigations on *R. solani* as well as a methodology for the topic studied were available, the damages caused by this organism still persist. So, there is necessary to address new alternative methods of sampling and advanced analysis that may offer a more objective and detailed information of the behaviour of this pathogen, which should result in a new methodology for the evaluation.

Also, it was verified that there was not information about the structure of the spatial distribution of *R. solani* in any the agricultural crop, neither at world-wide level nor in Cuba, following the literature review performed in this PH. D. thesis.

It was also ascertained that not only *R. solani* but also the main soil pathogens associated to *V. unguiculata* crop (caupí bean) in the study areas showed percentages of frequency of apparition and distribution higher than 40%. This implies a wide genetic diversity of this pathogen, as well as a high pathogeny in the entities object of study. The structure of the spatial distribution of *R. solani* in the cultivation of *Vigna unguiculata* L. Walp (caupí bean) is reported for the first time, and denoted an aggregate type behavior of the populations of this pathogen within the evaluated areas, adjusting mainly to exponential and gaussian models. In addition, it was possible to establish specific areas of infestation, located on the edges of the plot, which is very useful to manage control measures towards those specific areas and thereby reduce economic and environmental costs.

This study contributed to increase the knowledge on the influence that some abiotic factors exert on the studied organism, as well. It also helped in ranking these factors, which offer little and some restriction to his presence in the crop. The superiority of the method of systematic sampling was scientifically proved, focussing the method of diagonal sampling. Also, a new methodology has been proposed to characterise the structure of the spatial distribution of *Rhizoctonia solani* Kühn in the crop *Vigna unguiculata* (L.) Walp (caupí bean), based on the use of geostatistical techniques, a new method of systematic sampling and the application of statistical analyses to environmental gradients and concurrence of species along this gradient. This procedure should allow a deeper and detailed knowledge, of the behaviour of this pathogen in the areas evaluated. It also should help in the design of future management strategies of integrated control of the analysed pathogen.

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1.- Problema científico	8
1.2.- Hipótesis	8
1.3.- Objetivo general	8
1.4.- Objetivos específicos	9
1.5.- Resultados concretos esperados	9
2.- INTRODUCCIÓN	11
2.1.- Breve caracterización de la República de Cuba	11
2.1.1.- Población	12
2.1.2.- Relieve	12
2.1.3.- Clima	14
2.1.4.- Geología	16
2.1.5.- Material Carso	16
2.1.6.- Recurso suelo	17
2.1.7.- Cuencas hidrográficas de Cuba	19
2.1.8.- Actividad agrícola en Cuba	20
2.1.8.1.- Contexto actual de la agricultura en Cuba. Principales producciones de alimentos de origen vegetal	24
2.1.9.- El Sistema Estatal de Sanidad Vegetal en Cuba	28
2.2.- Caracterización de la provincia de Holguín	32
2.2.1.- Clima	33
2.2.2.- Suelos	34
2.2.3.- Degradación de los suelos	35
2.2.4.- Deforestación	35
2.2.5.- Red hidrográfica	36
2.2.6.- Situación actual de la producción del sector agrícola	36
2.2.7.- Problemáticas que inciden en el desarrollo agrícola	37
2.3.- Caracterización del municipio Gibara	37
2.3.1.- Síntesis del desarrollo histórico	38
2.3.2.- Ubicación geográfica y población	39
2.3.3.- Clima	40
2.3.4.- Suelos	41

2.3.5.- Relieve	42
2.3.6.- Red hidrográfica	42
2.3.7.- Actividades agrícolas	43
2.3.8.- Potencialidades y problemas en el desarrollo agrícola	44
2.4.- Situación del frijol en Cuba y en la provincia de Holguín	45
2.4.1.- Estrategia para la producción del frijol caupí hasta el 2020	53
2.5.- El cultivo de <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp. (frijol caupí)	54
2.5.1.- Centro de dispersión y distribución mundial del frijol caupí	55
2.5.2.- Importancia y uso	56
2.5.3.- Valor nutritivo	57
2.5.4.- Clasificación botánica	58
2.5.5.- Características de la planta	59
2.5.6.- Variedades	61
2.5.7.- Requerimientos ecológicos y edáficos	62
2.5.8.- Época de siembra	67
2.5.9.- Preparación del suelo	67
2.5.10.- Densidad de siembra y profundidad	68
2.5.11.- Atenciones culturales	69
2.5.12.- Cosecha	72
2.5.13.- Rendimiento	73
2.5.14.- Principales Plagas y enfermedades	74
2.5.15.- Control de Plagas y enfermedades en el cultivo	81
2.6.- <i>Rhizoctonia solani</i>	82
2.6.1.- Origen, historia, propagación e importancia económica	83
2.6.2.- Clasificación sistemática	85
2.6.3.- Hospederos	86
2.6.4.- Distribución	87
2.6.5.- Sintomatología	87
2.6.6.- Biología y epidemiología	90
2.6.7.- Patogenicidad	96
2.6.8.- Relación hospedante - patógeno	97
2.6.9.- Métodos de lucha para su control	98
2.7.- Complejo <i>Rhizoctonia</i>	99
2.7.1.- Biología del complejo <i>Rhizoctonia</i>	103

2.7.2.- Grupos de anastomosis de <i>R. solani</i>	105
2.7.3.- Marcadores moleculares en el estudio del complejo <i>Rhizoctonia</i>	108
2.7.4.- Aspectos sobre la patogenicidad del complejo	112
2.7.5.- Situación en Cuba del complejo <i>Rhizoctonia</i>	114
2.7.6.- Consideraciones finales	115
2.8.- Principales estudios sobre <i>R. solani</i> a nivel mundial y en Cuba	116
2.8.1.- Métodos de muestreo utilizados en los estudios de <i>R. solani</i>	136
2.8.2.- Análisis estadísticos empleados en los estudios de <i>R. solani</i>	138
2.9.- Análisis de la variabilidad espacial	143
2.9.1.- La muestra	143
2.9.2.- Análisis geoestadístico	145
2.9.3.- Fases de un estudio geoestadístico	151
2.9.4.- Síntesis sobre muestreo y análisis de la información de campo	164
2.9.5.- La Geoestadística en el análisis de la distribución espacial de plagas y enfermedades en los cultivos	165
2.10.- Metodología. Conceptos y Particularidades	172
2.10.1.- Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Origen, desarrollo y retos actuales	178
2.10.2.- Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Desarrollo	179
2.10.3.- Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Retos actuales	181
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	183
3.1.- Caracterización de la localidad Arroyo Seco	183
3.2.- Caracterización de las entidades productivas	185
3.2.1.- Granja Estatal “José María Aurecochea”	185
3.2.2.- Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “Augusto Cesar Sandino”	187
3.3.- Selección de las áreas experimentales	188
3.3.1.- Áreas experimentales de la Granja Estatal	188
3.3.2.- Áreas experimentales de la CPA	191
3.4.- Diseño de la red de muestreo	195
3.5.- Diseño experimental	197
3.6.- Metodología experimental	200
3.6.1.- Evaluación de la enfermedad	200
3.6.1.1.- Aislamiento e identificación de los hongos presentes en la rizosfera del cultivo y su frecuencia de aparición	202
3.6.1.2.- Morfología de <i>R. solani</i> en raíces de frijol caupí con síntomas típicos de la enfermedad	205

3.6.1.3.- Caracterización morfológica en medio de cultivo y patogenicidad de los aislamientos	206
3.6.2.- Distribución de <i>R. solani</i> en los experimentos evaluados	210
3.6.2.1.- Variables climáticas y su influencia sobre la distribución de <i>R. solani</i>	210
3.6.2.2.- Análisis químicos del suelo y su influencia sobre la distribución de <i>R. solani</i>	219
3.6.2.3.- Comparación de los experimentos realizados y su influencia en la distribución de <i>R. solani</i>	224
3.6.2.4.- Comparación de los rendimientos del cultivo obtenidos en ambos experimentos y su relación con la distribución de <i>R. solani</i>	225
3.6.3.- Distribución espacial de <i>R. solani</i> en las áreas seleccionadas	226
3.6.3.1.- Gradiente ambiental de <i>R. solani</i>	226
3.6.3.2.- Concurrencia de la especie <i>R. solani</i> a través del gradiente ambiental	227
3.7.- Propuesta de la Nueva Metodología	228
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	229
4.1.- Evaluación de la enfermedad	229
4.1.1.- Aislamiento e identificación de los hongos presentes en la rizosfera del cultivo y su frecuencia de aparición	229
4.1.2.- Morfología de <i>R. solani</i> en raíces de frijol caupí con síntomas típicos de la enfermedad	233
4.1.3.- Caracterización morfológica en medios de cultivo y patogenicidad de los aislamientos	235
4.2.- Distribución de <i>R. solani</i> en los experimentos evaluados	241
4.2.1.- Influencia de las variables climáticas sobre la distribución de <i>R. solani</i>	243
4.2.2.- Influencia de los elementos químicos del suelo evaluado sobre la distribución de <i>R. solani</i>	252
4.2.3.- Comparación de los métodos de muestreo utilizados y su influencia en la distribución de <i>R. solani</i>	264
4.2.4.- Comparación de los rendimientos obtenidos en los métodos de muestreo utilizados y su relación con la distribución de <i>R. solani</i>	269
4.3.- Distribución espacial de <i>R. solani</i> en las áreas seleccionadas	272
4.3.1.- Gradiente ambiental de <i>R. solani</i>	291
4.3.1.1.- Concurrencia de la especie <i>R. solani</i> a través del gradiente ambiental	300
4.4.- Propuesta de la Nueva Metodología	310
4.4.1.- Aportes de la Nueva Metodología	319
5.- CONCLUSIONES	321
6.- RECOMENDACIONES	325
7.- BIBLIOGRAFÍA	327
ANEXOS	395

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la República de Cuba.....	11
Figura 2. Mapa de distribución de los suelos de Cuba.....	18
Figura 3. Estructura del Sistema de Sanidad Vegetal de la República de Cuba	29
Figura 4. Distribución de las ETPP y los LAPROSAV en el País.....	29
Figura 5. Categorías ocupacionales y cantidad de talentos humanos vinculados a la actividad fitosanitaria en Cuba.....	30
Figura 6. Sistema de innovación y extensión fitosanitaria del INISAV para el Manejo de Plagas.....	31
Figura 7. Ubicación de la provincia de Holguín, República de Cuba.....	33
Figura 8. Distribución de los suelos en la provincia Holguín.....	35
Figura 9. Ubicación geográfica del municipio Gibara, provincia Holguín.....	40
Figura 10. Distribución de los suelos en el municipio Gibara.....	42
Figura 11. Producción de frijoles en Cuba (MT), desde 2011- 2017.....	47
Figura 12. Producción de frijol en la provincia de Holguín (Ton), 2011/2017.....	49
Figura 13. Producción frijol caupí en la provincia de Holguín, (Ton) 2011/2017.....	52
Figura 14. Tipos de hifas características de <i>R. solani</i>	92
Figura 15. Tipos de distribución espacial.....	144
Figura 16. Representación gráfica del carácter mixto de una variable distribuida en el espacio.....	147
Figura 17. Gráfico de la función $\gamma(h)$	156
Figura 18. Comportamiento del variograma en el origen.....	157
Figura 19. Parámetros del semivariograma.....	158
Figura 20. Modelo del efecto pepita.....	159
Figura 21. Modelo esférico.....	159
Figura 22. Modelo exponencial.....	160
Figura 23. Modelo gaussiano.....	160

Figura 24. Principales tipos de muestreo.....	165
Figura 25. Ubicación geográfica de la localidad Arroyo Seco, en el municipio Gibara, provincia de Holguín.....	184
Figura 26. Ubicación geográfica de las entidades productivas en la localidad ArroyoSeco.....	185
Figura 27. Diseño de la red de muestreo.....	196
Figura 28. Representación gráfica del muestreo sistemático no alineado empleado en las seis hectáreas seleccionadas por entidad, para evaluar la enfermedad	198
Figura 29. Representación gráfica del muestreo diagonal en zig-zag empleado en las seis hectáreas seleccionadas por entidad, para evaluar la enfermedad.....	199
Figura 30. Semivariogramas de <i>R. solani</i> obtenidos en las evaluaciones realizadas en la Granja Estatal.....	275
Figura 31. Mapas de densidad de <i>R. solani</i> en las áreas evaluadas de la Granja Estatal.....	277
Figura 32. Semivariogramas de <i>R. solani</i> obtenidos en las evaluaciones realizadas en la CPA.....	281
Figura 33. Mapas de densidad de <i>R. solani</i> en las áreas evaluadas de la CPA.....	283
Figura 34. Mapa perceptual resultante del análisis factorial de correspondencia múltiple empleado en el estudio.....	292
Figura 35a. Concurrencia de <i>R. solani</i> para los días de siembra.....	301
Figura 35b. Concurrencia de <i>R. solani</i> para dosis de riego + precipitación efectiva.....	302
Figura 35c. Concurrencia de <i>R. solani</i> para la humedad del suelo final	305
Figura 35d. Concurrencia de <i>R. solani</i> para temperatura media promedio del suelo	307
Figura 36. Representación gráfica de la nueva Metodología propuesta.....	311

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de los suelos por tipo de topografía.....	18
Tabla 2. Clasificación de los suelos de Cuba.....	19
Tabla 3. Superficie agrícola y cultivada por formas de tenencia.....	21
Tabla 4. Producción de alimentos de origen vegetal en Cuba 2013 - 2017.....	26
Tabla 5. Registro histórico de precipitaciones por meses del año (mm) en el municipio Gibara.....	41
Tabla 6. Contenidos principales de los nutrientes, minerales y vitaminas en 100 g de granos secos de frijol caupí.....	58
Tabla 7. Características de las variedades comerciales de frijol caupí para la producción de grano seco.....	62
Tabla 8. Densidad de siembra de variedades de caupí, según experiencias de la provincia Holguín.....	69
Tabla 9. Plagas y enfermedades ocasionales, potenciales y claves que afectan el frijol caupí.....	75
Tabla 10. Principales plagas y enfermedades en siembras realizadas durante todo el año, en la provincia de Holguín.....	76
Tabla 11. Agentes fungosos asociados al frijol caupí en 12 localidades de la provincia de Holguín.....	78
Tabla 12. Frecuencia de aparición de la micoflora detectada en el cultivo del frijol caupí, en las 12 localidades evaluadas.....	80
Tabla 13. Principales especies de arvenses y ruderales hospedantes de <i>R. solani</i>	87
Tabla 14. Grupos y subgrupos de <i>R. solani</i> , cultivo que ataca y estado teleomórfico asignado.....	105
Tabla 15. Clasificación de las reacciones de anastomosis.....	106
Tabla 16. Grupos y subgrupos de taxones binucleados de acuerdo con la nomenclatura japonesa.....	107
Tabla 17. Miembros del complejo <i>Rhizoctonia</i> informados en Cuba.....	114
Tabla 18. Principales producciones agrícolas durante el período 2014-2016 en la Granja Estatal.....	186

Tabla 19. Principales producciones agrícolas y de leche durante el período 2014-2016 en la CPA.....	187
Tabla 20. Evaluaciones realizadas durante el desarrollo del cultivo.....	200
Tabla 21. Hongos asociados al cultivo del frijol caupí y su frecuencia de aparición	229
Tabla 22. Tasa de crecimiento de los aislamientos de <i>R. solani</i>	235
Tabla 23. Características de los tipos de crecimientos en los aislamientos evaluados de <i>R. solani</i>	236
Tabla 24. Zonación, formación y características de los esclerocios en los aislamientos seleccionados en el estudio.....	239
Tabla 25. Porcentajes de distribución de <i>R. solani</i> en ambas entidades y experimentos evaluados.....	242
Tabla 26. Resultados de las pruebas de igualdad de proporciones entre ambos experimentos.....	266
Tabla 27. Parámetros (efecto pepita, meseta y alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de plantas afectadas por <i>R. solani</i> en la Granja Estatal.....	273
Tabla 28. Parámetros estadísticos de la distribución espacial de <i>R. solani</i> en las evaluaciones realizadas en la Granja Estatal.....	276
Tabla 29. Parámetros (efecto pepita, meseta y alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de plantas afectadas por <i>R. solani</i> en la CPA.....	280
Tabla 30. Tabla de Burt 16 x16.....	293

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resumen diario del comportamiento de las variables meteorológicas meses: Abril, Mayo y Junio, 2016.....	397
Anexo 2.	Promedio mensual del comportamiento de las variables meteorológicas. Abril - Junio, 2016.....	400
Anexo 3.	Valores de la humedad del suelo (%) por ha, en cada muestreo y experimento realizado en las entidades evaluadas.....	401
Anexo 4.	Valores totales de las variables relacionadas con la humedad del suelo por hectárea, en cada muestreo realizado en la Granja Estatal.....	402
Anexo 5.	Valores totales de las variables relacionadas con la humedad del suelo por hectárea, en cada muestreo realizado en la CPA.....	403
Anexo 6.	Características agroquímicas del suelo en las áreas evaluadas, según MINAGRI (2012).....	404
Anexo 7.	Evaluación agroquímica de los elementos presentes en el suelo de las áreas evaluadas, según MINAGRI (2012).....	405
Anexo 8.	Resultados de la comparación de los rendimientos totales promedios obtenidos en los dos experimentos realizados, mediante una prueba de comparación de medias.....	406

1. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La distribución mundial de leguminosas incluye un gran número de géneros, siendo uno de los más importantes desde el punto de vista económico, el género *Vigna* y dentro de éste, la especie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí), la cual es originaria de África Occidental y fue difundida al Asia y Europa antes de la Era Cristiana y entre 1500 y 1600 América Latina y América del norte; se conoce mundialmente como chícharo de ojo negro o chícharo del sur y en Cuba, como cancarro o frijol carita.

La producción mundial de este cultivo alcanza alrededor de 2,3 millones de toneladas en 7,7 millones de ha (Lin y Alves, 2002). Su principal importancia radica en su alto contenido proteico de 23 - 30 % (García y Chaveco, 2010). Esta especie en cultivo presenta gran adaptabilidad a diferentes condiciones, es tolerante a la sequía, el drenaje deficiente, la baja fertilidad y acidez de los suelos y suele presentar menor incidencia de plagas y enfermedades que el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

Se cultiva fundamentalmente en la época de primavera bajo las condiciones de Cuba, intercalado con *Zea mays* L. (maíz) o en sucesión con otros cultivos bajo un sistema de producción tradicional sustentable, caracterizado por un balance negativo de lluvia/evaporación y altas temperaturas, principalmente en la región Oriental donde su consumo y preferencia es mayor.

En la provincia Holguín, los niveles de siembra son de hasta 5 000 ha aproximadamente, destacándose la zona de Velasco del municipio Gibara, con 950 ha como promedio anual (García *et al.*, 2005); no obstante, existen dificultades con la adopción de algunas variedades de maduración uniforme en zonas con tradición en la siembra de este cultivo, así como la incidencia de plagas y enfermedades que llevan a pérdidas considerables en las cosechas (Sánchez, 2009).

A nivel mundial también se evidencian serias limitaciones en la obtención de altos rendimientos en el cultivo y en la calidad final de sus producciones, debido al ataque de plagas y enfermedades, así en África, la presencia de plagas y enfermedades causan el 80 - 85 % de daños, limitando los

rendimientos a 300 kg/ha, además diversas enfermedades son inducidas por hongos fitopatógenos que afectan las semillas y otros que causan enfermedades radicales, los cuales varían de un campo a otro en la misma área y de una estación a otra en el mismo campo, reportándose pérdidas entre un 45 – 55 %. (Nielsen, 2001).

Cerasini *et al.* (2002) en el noroeste de Estados Unidos y Fenilli *et al.* (2003) en Brasil, señalan que la incidencia de plagas y enfermedades es la causa principal de los bajos rendimientos en el cultivo con pérdidas de más del 50 %.

Sánchez *et al.* (2003) y García *et al.* (2005), en investigaciones agronómicas sobre el cultivo, dan a conocer que, en el Oriente y Occidente de Cuba, la producción de este grano se ve limitada por el bajo contenido de nitrógeno y fósforo que presentan los suelos y por la incidencia de enfermedades fungosas asociadas a la rizosfera del cultivo producidas fundamentalmente por las especies *Rhizoctonia solani* Kühn, *Macrophomina phaseoli* Tassi, *Fusarium solani* Mart. y *Sclerotium rolfsii* Sacc., las cuales ocasionan pérdidas en las cosechas que alcanzan entre un 45 - 50 %.

Estas especies de hongos fitopatógenos causan diversas enfermedades a los cultivos agrícolas, produciendo serios daños en todos los suelos de los ecosistemas y agroecosistemas del mundo, algunas presentan una gran capacidad de adaptación y se encuentran ampliamente distribuidos (Pineda *et al.*, 2003). Entre estas se destacan las pudriciones radicales causadas por *R. solani* estado anamórfico o asexual del basidiomiceto *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, el cual es uno de las más comunes en América Latina y el mundo (Araya y Hernández, 2006).

Este hongo es un organismo del suelo capaz de atacar un amplio número de plantas de importancia económica bajo diferentes épocas del año y condiciones ambientales, en comparación con otras especies de hongos patógenos tiene una gran diversidad ecológica (Michael, 1998). Frecuentemente afecta a tejidos juveniles en una forma rápida y destructiva (Baker, 1970; van Bruggen *et al.*, 1996). En condiciones naturales *R. solani* comprende diferentes grupos de anastomosis que difieren considerablemente en morfología, fisiología y patogenicidad (Herrera, 2004), es mayormente conocida como la primera

causado el *damping-off* en semillero, también provoca pudrición de la raíz, pudrición del cuello, úlceras de los tallos, tizón del follaje, pudrición de los brotes, pudrición de los frutos y puede descomponer además los órganos de reserva (Garrido, 2009).

Fue registrada por primera vez en Louisiana, Estados Unidos, en el cultivo de la soya por Atkins y Lewis, (1954), aunque ha sido reportado en distintas partes del mundo en los cultivos de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), *Cicer arietinum* L. (garbanzo), *Gossypium hirsutum* L. (algodón), *Capsicum maximum* L. (pimiento), *Lycopersicon esculentum* Mill (tomate), *Solanum tuberosum* L. (papa), *Zea mays* L. (maíz), *Carica papaya* L. (papaya) y otros, por lo que posee una amplia distribución mundial y un amplio rango de hospederos.

En Estados Unidos, sus pérdidas en el cultivo son mayores al 30 % (Copes *et al.*, 2005), en África superan más del 40 %, limitando los rendimientos a 300 kg/ha, (Nielsen *et al.*, 2005), en Brasil se reportan pérdidas de más del 50 % (Perdomo *et al.*, 2007), mientras que, en Cuba, es el principal patógeno del suelo detectado en el cultivo con daños por encima del 50% en varias regiones (Sánchez *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007 y 2009; López *et al.*, 2010).

Varias investigaciones sobre este patógeno han sido realizadas en Cuba, para evaluar su incidencia y distribución en diferentes agroecosistemas de la región oriental y occidental del país como principales productores de este grano, entre las que se destacan las desarrolladas por González Ávila (1982), Pupo y Sandoval (1985); Sánchez *et al.* (2006); López *et al.* (2008); García *et al.* (2009); Stefanova *et al.* (2011) y López *et al.* (2015) en los cultivos de *P. vulgaris* (frijol común) y *V. unguiculata* (frijol caupí), quienes observaron la presencia de este organismo en todas las zonas evaluadas y etapas fenológicas de ambos cultivos fundamentalmente en las correspondientes a la floración – formación de vainas y aseguraron que en las localidades típicas donde los niveles de siembra son mayores, se alcanzaron porcentajes de infección superiores al 15 %.

Mientras, que otras han estado relacionadas con la bioecología, la evaluación de daños y el control de este patógeno en ambos cultivos y otros, donde este

constituye la principal causa de los bajos rendimientos obtenidos (Herrera, 2004; González, 2008; Folgueras, 2010; Dávila, 2011 y Ramírez, *et al.*, 2014) y se conoce además, que existen una gran cantidad de datos acumulados en las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP) sobre este organismo, provenientes de evaluaciones realizadas en diferentes agroecosistemas dedicados al cultivo, que no han sido analizados con profundidad y han significado un impedimento para ampliar sus conocimientos y para diseñar estrategias que permitan su control fitosanitario efectivo.

En varias regiones del mundo, también se han desarrollado numerosos estudios sobre *R. solani*, empleándose para su ejecución diferentes procedimientos y métodos para llevar a cabo las investigaciones en campo y laboratorio las que han proporcionado los datos empíricos necesarios, para luego de su procesamiento estadísticos por los diferentes análisis, conocer el comportamiento del patógeno en un área determinada y poder establecer los métodos de lucha dirigidos a reducir sus poblaciones en los campos de cultivo.

Para el estudio de *R. solani* en Cuba, se utiliza actualmente una Metodología de Señalización y Pronóstico propuesta por el INISAV, (1983), la cual establece para las evaluaciones en condiciones de campo, los muestreos en diagonal y el de diagonal en zig- zag, una escala de grado para medir el índice de infección y una escala para determinar el grado de severidad atendiendo al porciento de afectación o lesión producida en la planta y para procesar estadísticamente e interpretar los datos obtenidos en estas evaluaciones, los análisis de varianza, de asociaciones y los multivariados han sido los de mayor utilización. Por tanto, es oportuno analizar si los métodos de muestreos utilizados para los estudios de *R. solani* en Cuba, así como los análisis estadísticos empleados para el procesamiento de la información recogida en los muestreo realizados, reflejan a plenitud lo que realmente está sucediendo en el área evaluada en relación con el comportamiento de este organismo ó se hace necesario la búsqueda de nuevos métodos de muestreos, análisis estadísticos y alternativas de avanzada, que permitan obtener una información más amplia, objetiva y detallada de este organismo en los campos de cultivo, posibiliten una correcta interpretación de los resultados, como base científica para el diseño de estrategias fitosanitarias que aseguren su control y constituyan una nueva

metodología para su evaluación.

Con relación a lo anterior, es importante señalar que el manejo de la información es fundamental para la mejora de las prácticas agrícolas, entre las que se destacan las vinculadas con las plagas y enfermedades, donde a partir del conocimiento que se posea sobre las diferentes variables que incidan sobre los cultivos u otras que sean de interés en cualquier explotación agrícola, se organicen en bases de datos que aseguren su correcto procesamiento e interpretación, por lo que la selección del método de muestreo, constituye el punto de partida sobre el cual se sustentan los conocimientos más precisos y fidedignos de la población objeto de análisis y garantiza la aplicación correcta de los métodos estadísticos a utilizar, para obtener un amplio conocimiento sobre el organismo evaluado (Troyo *et al.*, 2008).

Además se conoce, que en los sistemas agrícolas las variables físicas y biológicas muestran generalmente una importante heterogeneidad espacial, con una distribución que en muchos casos se realiza en forma de parches irregulares sobre el área de interés, así tenemos que una plaga o enfermedad de un cultivo puede concentrarse más intensamente en unas zonas que en otras sobre una parcela, o la distribución del contenido en materia orgánica de un suelo puede experimentar importantes variaciones espaciales; pero, por el hecho de existir dichas variaciones, no significa que sea imposible encontrar un patrón de distribución de las variables, ya que en la mayoría de los casos, existe una continuidad espacial entre las diferentes localizaciones (Giraldo, 2005). Sin embargo, la falta de un procedimiento adecuado para el manejo y el análisis de los datos, que recoja tanto los valores como la localización de las muestras, ha impedido en muchos casos la realización de estudios precisos sobre la variación espacial en las poblaciones.

En este sentido, el uso de la geoestadística que es una rama de la estadística aplicada, se refiere a procedimientos estadísticos que analizan y modelizan la relación espacial de un fenómeno, a diferencia de otros métodos, que caracterizan el modelo espacial basándose en distribuciones estadísticas como la Binomial Negativa o en índices de dispersión, Ratio Media-Varianza e índice de Morisista entre otros (Usandivaras, 2006).

La geoestadística tiene la ventaja de caracterizar la distribución espacial en un espectro de escalas y direcciones múltiples, además de ser independiente de la relación entre la media y la varianza muestral. Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, debido a que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos, Isaaks y Srivastava (1988); Oliver y Webster (1991); Rossi *et al.* (1992); Speight *et al.* (1998); Sciarretta *et al.* (2001) y Blom y Fleischer (2003).

Con el uso de la geoestadística es posible elaborar mapas de gran utilidad, que muestran la distribución espacial de cualquier enfermedad, así como su intensidad sobre el área de estudio, posibilitando obtener ahorros económicos y ambientales al poder dirigir las diversas alternativas de control hacia las zonas específicas de infestación, a través de una agricultura de precisión. Al mismo tiempo, facilita la predicción de áreas en campos donde las poblaciones de organismos nocivos podrían esperarse que excedan el umbral de daño económico, brinda el conocimiento estimado de toda el área de estudio, información no disponible con otros métodos estadísticos y demuestra la inconsistencia de la estadística clásica en la determinación de la estructura de la distribución espacial de plagas y enfermedades. En general, se confirma a la geoestadística como una herramienta muy útil en el estudio de las distribuciones espaciales de las plagas y enfermedades en los cultivos, al proporcionar los conocimientos esenciales para interpretar y caracterizar el comportamiento de estos organismos en los cultivos, así como en la toma de decisiones para ejercer sus controles fitosanitarios.

El uso de los métodos geoestadísticos para el análisis de los patrones de distribución espacial, fundamentalmente de insectos y enfermedades en los cultivos, es bastante reciente. Varias investigaciones han sido desarrolladas en diversos países como México, Estados Unidos, Colombia, España entre otros, (Pedigo *et al.*, 1986; Schotzko y O'Keefe, 1986; Kemp *et al.*, 1989; Johnson, 1989; Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990; Cage *et al.* (1991; Liebhold *et al.*, 1991; Castella *et al.*, 1999; Moral García, 2003; Tannure y Mazza, 2004, García, 2004; Guerrero, 2005; Graham *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2008, 2011 y Díaz *et al.*, 2012), cuyos principales resultados manifiestan que el adecuado control de plagas y enfermedades, es uno de los aspectos más importantes en el

manejo de cualquier cultivo, tanto desde el punto de vista económico como ecológico. Un correcto control va estrechamente ligado al conocimiento de la estructura de la distribución espacial del organismo analizado y además señalan, la importancia de realizar controles de acción localizados en los cultivos agrícolas, pues tendrían un bajo impacto ambiental y optimizarían el uso de recursos.

Dentro del marco teórico analizado, se constató que en Cuba se han realizado pocos estudios sobre la distribución espacial de plagas y enfermedades en los cultivos que alcancen la aplicación de la geoestadística, entre los que se encuentran los desarrollados por Díaz *et al.* (2012) para *Alternaria solani* [Ell. Y Mart.] (Jones y Grout) en el cultivo de *L. esculentum* (tomate) y de *Solanum tuberosum* L. (papa); sin embargo, para las patologías presentes en los suelos y específicamente para *R. solani* como es el caso, no encontramos referencias sobre estos, en las diferentes bibliografías nacionales e internacionales que fueron consultadas, ni existe información alguna sobre la estructura de su distribución espacial en los cultivos, siendo esencial la ejecución de investigaciones sobre el tema, cuyos resultados aportarían un entendimiento más amplio y objetivo de su comportamiento en las áreas evaluadas, constituirían una valiosa fuente de información como base científica para la toma de decisiones y el perfeccionamiento de los futuros métodos de luchas dirigidos a su control fitosanitario de forma más eficiente y sustentable.

La puesta en práctica en Cuba de los Programas Nacionales de Producción de Alimentos y de Sustitución de Importaciones, ha generado la implementación en muchas áreas agrícolas de tecnologías de avanzadas capaces de garantizar producciones estables para satisfacer las demandas de la población de forma sostenible. En la provincia de Holguín existen varios polos productivos con este fin, destacándose los del Municipio Gibara, específicamente los ubicados en la zona de Velasco conocida como el granero de Cuba y dentro de esta localidad el ubicado en Arroyo Seco, el cual presenta el mayor número de áreas de siembra de frijol caupí y donde a pesar de haberse realizado algunos estudios sobre *R. solani* e implementado varias estrategias de Manejo Integrado para su control, aún son evidentes las afectaciones producidas por este organismo en el cultivo.

En este contexto y en correspondencia con lo anteriormente analizado, es pertinente llevar a cabo investigaciones, que posibiliten lograr una Nueva Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en las áreas evaluadas, que permita profundizar los conocimientos sobre este patógeno para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilitarla toma de decisiones y logre disminuir eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente.

1.1. Problema científico

¿Cómo caracterizar la estructura e interpretar la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí), en la provincia de Holguín?

1.2. Hipótesis

Mediante la propuesta de una Nueva Metodología, que incluya la utilización de técnicas geoestadísticas, un nuevo método de muestreo (muestreo sistemático no alineado), así como la aplicación de los análisis estadísticos del gradiente ambiental y los de concurrencia de la especie en el gradiente ambiental, se podrá caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí) en la provincia de Holguín, que permitirá profundizar sus conocimientos dentro del área evaluada, para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilitará la toma de decisiones y disminuirá eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente.

1.3. Objetivo general

Elaborar una Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (frijol caupí), que permita conocer con mayor profundidad, objetividad y exactitud el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilite la toma de decisiones y disminuya eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente, en la provincia de

Holguín.

1.4. Objetivos específicos

1. Revisión y análisis de la compilación bibliográfica relacionada con el objeto de la investigación.
2. Selección e implementación del diseño experimental adecuado para la realización de las evaluaciones en campo acorde con los objetivos de la investigación.
3. Evaluación de las muestras obtenidas en condiciones de campo y laboratorio, para la confección de la base de datos apropiada y su procesamiento estadístico en correspondencia con las fases del estudio geoestadístico y otros análisis estadísticos que se requieran.
4. Análisis y caracterización de los resultados obtenidos, como alternativa de solución del problema planteado.
5. Elaborar una Nueva Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *Rhizoctonia solani* Kühn, que permita profundizar los conocimientos sobre el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado, facilite la toma de decisiones y disminuya eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente.

1.5. Resultados concretos esperados

Con la aplicación de técnicas geoestadísticas, un nuevo método de muestreo (muestreo sistemático no alineado), así como los análisis estadísticos del gradiente ambiental y los de concurrencia de la especie en el gradiente ambiental utilizados en los estudios de *Rhizoctonia solani* Kühn, en el cultivo de *Vigna unguiculata* L Walp. (frijol caupí), en la provincia de Holguín, se espera obtener una Nueva Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de su distribución espacial dentro del área evaluada, que permitirá conocer con mayor profundidad, objetividad y exactitud el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilitará la

toma de decisiones y disminuirá eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente mediante la realización de controles fitosanitarios localizados en las zonas específicas de infestación.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Breve caracterización de la República de Cuba

Según datos de la caracterización del archipiélago cubano y diagnóstico de la desertificación y la sequía, DESALEC Cuba (2012), extraídos de la página <http://www.medioambiente.cu>; se describe de modo resumido algunos aspectos sobre la República de Cuba en los siguientes apartados.

Cuba es la mayor y mas occidental de las Antillas Mayores y está estratégicamente ubicada a la entrada del Golfo de México, su costa meridional es bañada por el Mar Caribe y la norte por el Océano Atlántico y el Golfo de México, constituye la porción más occidental del arco insular antillano, en medio de los continentes de América del Norte y América del Sur (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la República de Cuba.

La República de Cuba es un archipiélago formado por la isla de Cuba con 104 945 km² (40 520 mi²) de extensión; la Isla de Pinos con 2 200 km² (850 mi²) y 4 195 cayos e islotes de pequeño tamaño con 3 715 km² (1 435 mi²). En total la superficie del país es de 110 860 km² (42 830 mi²) y sus límites geográficos, están entre los 20° 12' 36" y los 23° 17' 09" de latitud norte y entre los 80° 53' 55" y los 84° 57' 54" de longitud oeste. Solamente las islas de Cuba e Isla de Pinos tienen condiciones para soportar una población residente permanentemente. El archipiélago representa el 0,08% de las tierras emergidas del Planeta y ocupa el décimo quinto lugar entre las mayores islas del mundo.

La isla de Cuba tiene una longitud (este-oeste) de 1 250 km (780 millas) y un

ancho promedio (norte-sur) que varía entre 32 y 210 km (20-131 millas), posee aproximadamente 5 800 km de costas (3 625 millas). Su forma alargada y estrecha, que ha sido reiteradamente comparada con la de un caimán, facilita que los vientos alisios dejen sentir su influencia refrescante en todo el territorio. Posee 13 bahías de importancia y 635 cuencas hidrográficas de variable extensión.

El territorio está distribuido, según la división político-administrativa de 1975, en 14 provincias y 169 municipios, incluyendo el municipio especial Isla de la Juventud. Desde el punto de vista geográfico, se reconocen tres zonas: Occidente (porción oeste del territorio), Centro y Oriente (porción este).

2.1.1. Población

La población total es de 11 241 000 habitantes aproximadamente (año 2010), con una densidad de población de 101 habitantes/km² (261 habitantes/mi²). El 75% de la población reside en áreas urbanas y solamente el 25% en zonas rurales. La población está formada básicamente por descendientes de españoles y africanos y por la mezcla de ambos grupos raciales, la presencia de descendientes de chinos, europeos como franceses, polacos y otros, también es medible.

2.1.2. Relieve

Cuba es un país predominantemente llano sobre todo en la región occidental y central, alrededor del 75 % de la superficie del país esta formada por llanuras que alternan con tres cadenas montañosas en el occidente, centro y oriente de la isla. Estas llanuras generalmente son planas o ligeramente onduladas, tienen una altitud inferior a los 100 metros sobre el nivel del mar y en ellas se asienta prácticamente toda la población del país y las actividades económicas, por lo que generalmente están bastante transformadas por la actividad del hombre con la excepción, en parte, de la Ciénaga de Zapata en Matanzas y, la llanura que conforma la Península de Guanahacabibes en Pinar del Río.

Los sistemas montañosos, como ya se mencionó, son tres:

1. La Sierra de Guaniguanico, en la provincia de Pinar del Río. Está formada por la Sierra de los Órganos en su parte occidental y la Sierra del Rosario en la oriental y en total tiene una longitud en el eje SW-NE de 150 km y un ancho que varía entre 10 y 30 km. Es una región rica en paisajes y con muchos atractivos turísticos.

- La Sierra de los Órganos está conformada por alturas pizarrosas de hasta 400 metros de altitud y cubiertas de pinares en gran parte de su extensión y sierras y mogotes de roca caliza con alturas entre 200 y 500 metros y que alternan con valles interiores muchos de ellos de gran belleza como el de Viñales, mundialmente conocido.

- La Sierra del Rosario, tiene una altitud promedio que varía entre 300 y 700 metros, la máxima altitud se alcanza en el Pan de Guajaibón con 702 metros y en ella alterna una vegetación de pinares y árboles de hojas anchas, incluidos maderas preciosas, con áreas de pastos y cafetales. Se destaca aquí la existencia de estrechos cañones labrados por los ríos entre las montañas.



Foto1. Grupo Guamuahaya

(Fuente: <http://www.hicuba.com/destinos.htm> # top 2).

2. Grupo Guamuahaya (Foto 1), se localiza en la zona central del país ocupando parte de las provincias de Cienfuegos, Sancti Spíritus y Villa Clara y está compuesto por la Sierra del Escambray y la Sierra de Trinidad, con una

extensión total de cerca de 4500 km². Este macizo montañoso es más conocido como Sierra del Escambray.

3. Sierra Maestra (Foto 2), situada en el extremo sudeste de la isla es la mayor y más alta cordillera montañosa de Cuba, forma un bastión a lo largo y paralelamente a la costa sur desde Cabo Cruz hasta la Punta de Maisí con alrededor de 250 km de longitud y entre 15 y 60 km de anchura. La conforman la Sierra Maestra propiamente, la Sierra de Cristal en las inmediaciones de la Punta de Maisí y la Sierra de Nipe en su porción noreste. La altitud media en esta región fluctúa entre los 300 y 2000 metros alcanzándose las mayores alturas del país: el Pico Turquino con 1974 metros sobre el nivel del mar, el Pico Cuba, 1872 metros y el Pico Suecia, 1734 metros.



Foto 2. Sierra Maestra

(Fuente: <http://www.hicuba.com/destinos.htm> # top 2).

La Sierra Maestra es el escenario natural más majestuoso del país y en ella se encuentran varios parques naturales como el del Pico Turquino, Desembarco del Granma, Santo Domingo-La Sierrita y Marea del Portillo, lo que la hace especialmente adecuada para el turismo de naturaleza.

2.1.3. Clima

El clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad. Otras clasificaciones, como la de Köppen (modificada), le asigna a la mayor parte del país el tipo Aw: cálido tropical con estación lluviosa en el verano.

Por su situación geográfica, se encuentra situada en una latitud muy cercana al

Trópico de Cáncer, lo cual condiciona la recepción de altos valores de radiación solar y determina el carácter cálido del clima. Sin embargo, también se halla en una posición singular, en la frontera entre la zona de circulación tropical y extra tropical, recibiendo la influencia de ambas con carácter estacional. Los huracanes, tormentas tropicales y frentes fríos, son los eventos meteorológicos más importantes y los que con mayor frecuencia afectan la región occidental.

Los valores medios anuales de temperatura oscilan desde 24 °C en las llanuras, hasta 26 °C y más en las costas orientales, observándose una disminución de los valores de esta variable en las áreas correspondientes a los sistemas montañosos del país, en la parte más alta de la Sierra Maestra descienden incluso a magnitudes inferiores a 20 °C. En invierno (enero) oscilan, como promedio, entre 20 y 22 °C en las regiones occidental y central, y entre 22 y 24 °C en la oriental; mientras que en verano (julio), están entre 26 y 28 °C en la mayor parte del país y a más de 28 °C en las costas de la región oriental.

El elemento del clima que más varía es la lluvia. El acumulado medio anual es de 1 375 mm. En la mayor parte del territorio, el año se divide en dos períodos estacionales, el lluvioso (de mayo a octubre) y el poco lluvioso (de noviembre a abril). En el primero, se registra aproximadamente un 80 % del total de lluvia anual, y en segundo el 20 % restante. Un mínimo relativo intraestival en los acumulados de las lluvias se produce en los meses de julio y agosto, reflejando el carácter bimodal de los mismos en la estación lluviosa.

En el nordeste de la región oriental y zonas montañosas de la misma, los acumulados en ambos períodos estacionales son similares, dadas las particularidades de la circulación atmosférica invernal y la orografía en el área. Allí se localizan las zonas donde más llueve en Cuba (más de 3000 mm anuales), mientras que en todo el litoral sur de Santiago y Guantánamo, a sotavento de la Sierra Maestra y del Grupo Sagua-Baracoa, se registran los valores más bajos del país, con 600 mm de lluvia.

Otras zonas con registros relativamente bajos de lluvia son la costa norte de Camagüey (incluyendo los cayos), Holguín y Las Tunas, costa sur de Cienfuegos y Sancti Spíritus, y suroeste de Pinar del Río. Aunque la

variabilidad de la lluvia es mayor en el período poco lluvioso, el impacto socioeconómico de la irregularidad de la lluvia en la temporada lluviosa es mucho más importante.

La humedad relativa es normalmente alta, con valores por encima del 60 %. Los máximos diarios ocurren a la salida del sol (en ocasiones llega a ser superior a 95%), más altos, en las zonas montañosas y en el interior del país. Los mínimos (al mediodía) se ubican en las costas, disminuyendo hasta aproximadamente 60 % en el interior del territorio. Los meses más húmedos son septiembre y octubre, y los menos húmedos son abril y marzo.

2.1.4. Geología

El archipiélago cubano está situado en una de las zonas más complejas del planeta desde el punto de vista geológico, distinguiéndose territorios de muy diversos tipos, tanto por su estructura como por la historia de su evolución geológica. Cuba presenta una estructura geológica sumamente complicada a consecuencia del fuerte apilamiento de secuencias rocosas pertenecientes a zonas estructuro-faciales diferentes, es decir, formada en ambientes geodinámicos distintos. En su estructura actual, estas secuencias aparecen intensamente dislocadas sobre corridas unas sobre otras e incluso, en muchos casos, hasta mezcladas desordenadamente.

2.1.5. Material Carso

El Carso es el paisaje más típico de la morfología cubana. Más del 66% del territorio está constituido por rocas calcáreas en mayor o menor grado. El Carso de llanura predomina en más del 70% de los casos. Los terrenos cársicos se distinguen por el predominio de los procesos de erosión o corrosión, los cuales provocan que el drenaje superficial casi no exista y que la evacuación de las aguas se realice por conductos subterráneos ([http: www.hidro.cu](http://www.hidro.cu)).

2.1.6. Recurso suelo

La cobertura de suelos de Cuba está en correspondencia con los factores climáticos, geológicos y topográficos. Estos factores condicionan un amplio mosaico que se caracteriza por la existencia de suelos Ferríticos, Ferralíticos, Fersialítico, Pardos, Húmicos Calcimórficos, Vertisuelos, Hidromórficos, Halomórficos, aluviales y poco evolucionados.

Se ha establecido una relación entre el relieve y las combinaciones de suelos. En las llanuras con procesos hidromórficos avanzados, en los suelos se manifiestan procesos de plastogénesis, laterización, acumulación orgánica y salinización. En las llanuras denudativas se pueden observar combinaciones de sialitización y fersialitización, mientras, la ferralitización se desarrolla en las llanuras de más edad.

En las alturas, donde los procesos denudativos son dominantes, se corresponden las combinaciones de procesos de sialitización y fersialitización, con ausencia de ferralitización. En las montañas se observan suelos ferríticos y ferralíticos, formados sobre cortezas de intemperismo antiguas. (Guerasimov *et al.*, 1965).

Según Ortega y Arcia, (1982) y Gradusov *et al.* (1987), Cuba es un mosaico de suelos donde se presentan suelos muy evolucionados, propios de las regiones tropicales (Ferríticos, Alíticos, Ferralíticos y Ferrálicos), suelos jóvenes (Fersialíticos, Pardos Sialíticos y Húmicos Sialíticos) y relictos edáficos que no son propios de las regiones tropicales (formaciones de suelos Salinos y Sódicos, acumulaciones de sales, de sodio intercambiable y de carbonatos secundarios), asociados a Vertisoles, Fluvisoles y Gleysoles. Para muchos especialistas estas formaciones edafológicas, heterogéneas en su evolución y propiedades, se desarrollaron al mismo tiempo y están en equilibrio con el clima actual. Sin embargo, la aplicación de los conceptos de suelo: memoria, suelo: momento, confirman lo contrario.

La formación de los suelos de Cuba comenzó a finales del Terciario y se desarrolló durante el Pleistoceno, continuando en el Holoceno, hasta los momentos actuales. Durante este tiempo, datado entre $1,5-2,0 \times 10^6$ años, el clima estuvo bajo la influencia de cambios desde muy lluviosos hasta muy

secos, conllevando a diferencias en el desarrollo y evolución de los suelos. Los estudios de suelos a escala 1:50 000 y 1:25 000 han mostrado su variabilidad por efecto de la compleja situación geológica y geomorfológica que les dieron origen, lo cual se refleja en la topografía del archipiélago cubano (Tabla 1) y Figura 2..

Tabla 1. Distribución de los suelos por tipo de topografía (Fuente: Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, 2007).

Topografía	Superficie(MM ha)
Llana a moderadamente alomada	7,30
Fuertemente alomada a montañosa	2,70
Orgánicos u órgano minerales costeros	1,09
Total	11,09

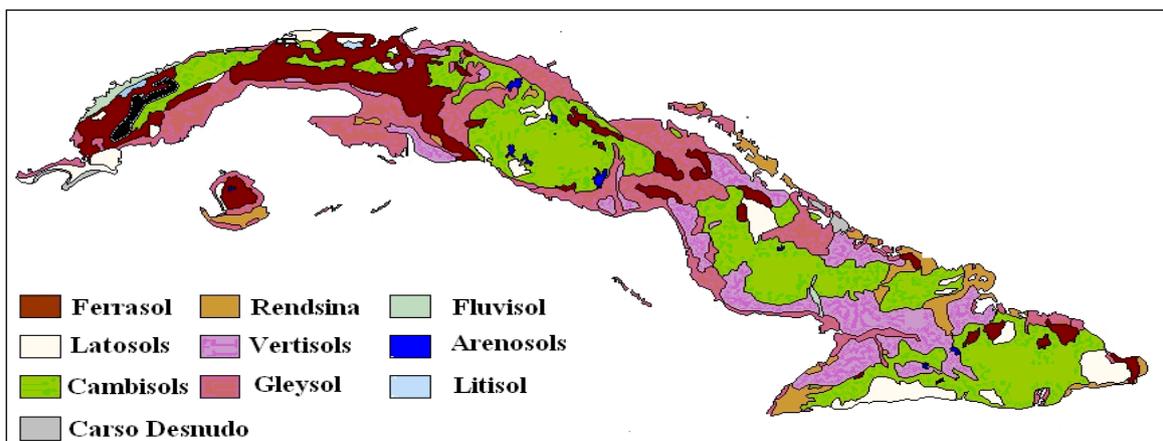


Figura 2. Mapa de distribución de los suelos de Cuba. (Fuente: Hernández, 1999)

La correspondencia entre las clasificaciones de FAO-UNESCO (1988) y Segunda Clasificación Genética de los suelos de Cuba (Hernández, 1999), se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los suelos de Cuba. (Fuente: Hernández, 1999).

Grandes grupos FAO/UNESCO	Segunda Clasificación Genética (1999)	Área (MM ha)	Ubicación aproximada (por provincias donde se encuentran en extensión significativa)
Ferrasols	Ferríticos y Ferralítico	2,22	Pinar de Río, Camagüey, Holguín, La Habana.
Luisols	Fersialítico	1	Todo el territorio
Cambisols	Ferralítico y Pardo	2,52	Todo el territorio
Redzinas	Húmico calcimórficos	0,45	Pinar del Río, Habana, C Habana, Villa Clara, S. Spíritus, Cienfuegos, Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo
Vertisols	Vertisuelo	1,05	Villa Clara, S. Spíritus, Camagüey, Las Tunas, Granma
Gleysols	Hidromórfico	0,32	Todo el territorio
Halosols	Halomórfico	0,05	PR, Guantánamo, Granma, Holguín
Fluvisols	Aluviales	0,44	Todo el territorio
Arenosols	Poco desarrollado	0,07	Pinar del Río, Isla de la Juventud
Leptosoles	Poco desarrollado	0,55	Todo el territorio

Además, es importante señalar que la Segunda Clasificación Genética de Suelos de Cuba, actualmente en uso y utilizada en la cartografía del mapa genético 1:25000, comprende diez agrupamientos en su nivel jerárquico superior, 28 tipos, 82 subtipos y categorías inferiores de género, especie y variedad.

2.1.7. Cuencas hidrográficas en Cuba

La configuración alargada y estrecha, así como la posición longitudinal de la isla de Cuba, condicionan la peculiaridad de su red fluvial. Los ríos están dispuestos en las vertientes norte y sur, a todo lo largo del territorio. Entre sus características fundamentales, están la dimensión limitada, poco caudal y la dirección de las corrientes de norte a sur o de sur a norte, con excepción de los ríos Cauto y Toa (Parra *et al.*, 2009).

El territorio ocupado por las cuencas hidrográficas superficiales es de 81.038 km² mientras que 26.312 km² son áreas sin red fluvial definida, ciénagas, y otros. Esto significa que, prácticamente, no hay punto de la geografía cubana que quede fuera de una cuenca, ya sea superficial o subterránea.

Hacia las cuencas hidrográficas, fluye el 80% del escurrimiento, evaluado en unos 31 682 x10⁶m³, de los cuales, más de 9 035,5 millones han sido represados en unas 224 presas, con un volumen total de entrega de 7 070 x10⁶m³. Existen alrededor de 1000 embalses más pequeños, con capacidad de 608,4 x10⁶m³(DESALEC, <http://www.medioambiente.cu/deselac/pan>).

2.1.8. Actividad agrícola en Cuba

La actividad agrícola es uno de los procesos más significativos para el desarrollo económico de la mayoría de los países del orbe. En este se producen los alimentos, materias primas y fondos exportables, capaces de garantizar la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y la competitividad en la esfera internacional para el beneficio de la sociedad, por lo que se define como un sector decisivo para la economía nacional.

Particularmente en nuestro país la superficie agrícola es de 6 226,7 Mha, lo que representa el 58.3 % de sus tierras firmes. A su vez la superficie cultivada constituye 43,9% de la superficie agrícola. Los cultivos permanentes representan un área significativa (1,9 millones ha) por el área que ocupan y su importancia económica, las mayores extensiones le corresponden a la caña de azúcar (1,2 millones ha), el café, los pastos artificiales y otros.

Entre los cultivos temporales, el arroz y los cultivos varios constituyen la base alimentaria de nuestra población. Sin embargo, los resultados de las actividades humanas han generado cambios en la cobertura vegetativa o en las estructuras, las que son vistas también como características de la tierra, cambiando uno de los factores, el uso de la tierra.

Con relación a esto y con el objetivo de darle un uso adecuado al recurso natural (suelo) surge la tenencia de la tierra que es considerada una forma de regular los derechos, el acceso y el control de la tierra para el beneficio mutuo de los usuarios de esta y del estado.

En Cuba existen varias formas organizativas de producción, las cuales poseen el derecho al uso y tenencia de la tierra del mejor modo posible, en aras de enfrentar grandes retos para asegurar la continuidad del desarrollo agrícola que logre satisfacer las necesidades de alimentos de la población y garantice un cuidado del medio ambiente para las futuras generaciones. En la Tabla 3 se muestra la superficie agrícola y cultivada por formas de tenencias.

Tabla 3. Superficie agrícola y cultivada por formas de tenencia.

(Fuente: Informe Nacional IMINAGRI, Mayo, 2016).

Concepto	Superficie Agrícola	Superficie Cultivada	Estructura %		Aprovechamiento %
			Agrícola	Cultivada	
Total	6 226,7	2 733,5	100,0	100,0	43,9
Estatad	2 099,2	633,1	33,7	23,2	30,2
No Estadad	4 127,5	2 100,4	66,3	76,8	50,9
UBPC	1 528,4	840,4	24,6	30,7	55,0
CPA	503,0	267,3	8,1	9,8	53,1
CCS	32,8	12,9	0,5	0,5	38,2
Propietarios	743,5	378,7	11,9	13,8	50,9
Usufructuarios	1 318,8	601,1	21,2	22,0	45,6

De forma general, la tenencia de la tierra en Cuba está distribuida de forma desigual entre las diferentes formas de producción, siendo el sector no estadad el que mayor número de tierras posee, seguida por el sector estadad, aunque dentro del sector no estadad las CCS son las que disponen del menor número de tierras.

- Formas de producción agrícola en Cuba

Productor individual o propietario: Son aquellos que se le asigna derechos exclusivos sobre parcelas agrícolas y determinados recursos arbóreos, puede ser un individuo, un matrimonio, un grupo de personas o una persona jurídica, como una entidad comercial o una organización sin ánimo de lucro. Posee un

gran acervo cultural agrícola y alto sentido de pertenencia, hace un uso eficiente de los insumos cuando tiene acceso a ellos, logrando buenos rendimientos; sin embargo, es muchas ocasiones es insuficiente su acceso a las tecnologías e insumos agrícolas.

Usufructuarios: A partir de las Resoluciones del MINAGRI 356/93 y 419/94 las que amparan la entrega en usufructo gratuito de tierras estatales (pequeñas parcelas ociosas en extensión no mayor de 0,5 ha) a jubilados o personas que por causas plenamente justificadas no pueden trabajar sistemáticamente en la agricultura, para ser cultivadas con ayuda del núcleo familiar. Sus producciones son para el propio consumo de la familia y sus excedentes son destinados al Mercado Agropecuario.

Cooperativas de Crédito y Servicios (CCS): son asociaciones de pequeños campesinos dueños de parcelas de tierras individuales, pero que obtienen servicios a través de sus cooperativas. Los ayudan con sus solicitudes de créditos, poseen equipos y maquinarias (sobre todo en las CCS fortalecidas); cada uno de estos bienes pueden transmitirse en herencia a sus hijos, padres, hermanos y el conyugue sobreviviente siempre y cuando hayan trabajado la tierra de forma permanente. La mayoría están fortalecidas debido a la estructura administrativa y la gestión del proceso productivo (comercialización y adquisición de insumos, acceso a transporte) que poseen, pero carecen de algunas tecnologías de avanzada y escasafuerza técnica.

Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA): se crearon a mediados de la década de los años 70. Integra a campesinos que unen sus tierras y demás activo, eliminando la propiedad privada e instaurando una nueva forma de administración cooperativa con el propósito de trabajar y recibir los beneficios colectivamente. Es una organización económica y social, en su gestión goza de autonomía con respecto al estado. Tienen fuerza calificada y adecuada infraestructura técnica y organizativa. El desarrollo productivo de las unidades no es uniforme en todo el país.

Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC): se conformaron a partir de tierras que se otorgaron en carácter de usufructo gratuito por tiempo indefinido (no pagan renta) para los antiguos trabajadores estatales, que

compraron los medios de producción. Son áreas generalmente mucho mayores que la CPA, auto administradas y financieramente independientes. El objetivo central de las UBPC, es el incremento sostenido en cantidad y calidad de la producción agropecuaria, el empleo racional de los recursos de que dispone y el mejoramiento de las condiciones de vida. Además se distinguen por vender su producción al Estado, pagar el aseguramiento técnico y material, operar cuentas bancarias, compran a crédito los medios fundamentales de producción, eligen en colectivo su dirección y rinden cuenta periódicamente, cumplen las obligaciones fiscales como contribución a los gastos de la nación. Se considera la transformación más evolucionada que se ha producido en el agro cubano después de la promulgación de las Leyes de Reforma Agraria. Se encuentran en proceso de consolidación de su actividad productiva y organizativa, poseen inestabilidad de la fuerza laboral y existen problemas con la estimulación a los obreros.

Granja Urbana: Pertenecen al Programa de Agricultura Urbana, está conformada por tierras privadas o en usufructo hasta 0.25 ha (patios, techos, balcones, parcelas urbanas o periurbanas). Usan métodos orgánicos para producir los cultivos principalmente vegetales, flores, condimentos y animales de corral. Sus producciones se utilizan para el autoabastecimiento familiar, venta al vecindario. Coordina, a través del representante de la Agricultura Urbana en el Consejo Popular, el cumplimiento de la base productiva acorde a los lineamientos de los 28 subprogramas que contempla este movimiento.

Empresas Agropecuarias: pertenecen al sector estatal, brindan servicios a las diferentes formas organizativas de producción (asistencia técnica y control del balance de la producción). Presentan, igualmente, dificultad en la permanencia de la fuerza técnica calificada.

Granjas Estatales de Nuevo Tipo: se crean en aquellos lugares donde no existan las condiciones para la constitución de las UBPC, las tierras, los medios y las herramientas que utilizan son del estado, cuentan con una mayor autonomía administrativa y de gestión respecto a las granjas estatales. Los beneficios económicos son acordes con el trabajo realizado y los resultados productivos.

2.1.8.1. Contexto actual de la agricultura en Cuba. Principales producciones de alimentos de origen vegetal

La agricultura cubana se encuentra inmersa en un importante proceso de cambio profundo e inevitable. Las principales razones que han impulsado este cambio han sido de índole económico, como resultado de la escasez de capital e insumos externos para continuar desarrollándose según el paradigma de la revolución verde. Es decir, no han estado fundamentalmente dirigidas a la conservación del medio ambiente ó a emplear tecnologías sostenibles basadas en planteamientos científicos, sino que han sido fomentadas por la necesidad de producir alimentos a partir de los recursos naturales, materiales y humanos disponibles.

Diversos estudios agronómicos, económicos y sociales realizados en los últimos años, han demostrado que existen grandes oportunidades para el desarrollo a mayor escala de sistemas agrícolas sostenibles que combinan la factibilidad técnica, la viabilidad económica, la sustentabilidad ecológica y la aceptación social. También es cierto, que en la actualidad se necesitan estrategias políticas más concretas con el fin de incentivar aquellas formas de producción que combinen estos elementos y así contribuir de manera sustancial al sector agrario cubano.

Sin embargo, aún resulta insuficiente la cantidad, calidad y variedad de alimentos producidos para satisfacer la demanda nacional de un país como Cuba, que tiene el imperativo de reducir las importaciones, por tanto, se hace necesario producir estos con alta eficiencia y mínima utilización de insumos externos. A estos problemas se suman las dificultades con las cadenas productivas y los mecanismos de comercialización ya que una parte considerable de los alimentos que se producen se desperdician debido a los deficientes mecanismos de transportación, conservación, procesamiento y almacenamiento vigentes. En sentido general en la agricultura cubana de los últimos años, la falta de coherencia entre los modelos agrícolas diversificados, descentralizados y autosuficientes, y la infraestructura de apoyo disponible a diferentes escalas es una realidad, a pesar de que agricultores, investigadores, extensionistas y dirigentes innovadores han puesto en práctica numerosas

alternativas sostenibles, para contribuir de manera apreciable al desarrollo del sector agrícola del País.

En correspondencia con esto y como contrapartida a tal situación, el Ministerio de la Agricultura ha tratado en la medida de las posibilidades y con el apoyo de las instituciones de Investigación y Desarrollo, rediseñar los sistemas productivos con la implementación de tecnologías y alternativas de avanzada, sobre bases agroecológicas.

Las prácticas agroecológicas desarrolladas y empleadas en el País, han constituido una alternativa viable y sustentable con beneficios ambientales. En tal sentido, las pequeñas fincas campesinas y el desarrollo de la agricultura urbana en sus diversas modalidades han demostrado su viabilidad económica.

Además, los actuales imperativos de la economía cubana demandan de la actividad agrícola un nivel de respuesta superior y con mayor agilidad, en un esfuerzo conjunto de todos los factores que intervienen en la cadena productiva, esto significa, encontrar con mayor realismo y sostenibilidad las direcciones futuras de la actividad que mayor puedan responder a los retos planteados, para incrementar la oferta con la máxima eficiencia técnico-económica y competitividad, en aras de reducir los precios en los diferentes mercados y así contribuir a transformar la percepción sobre la credibilidad de la agricultura, ante la población y las instituciones.

En relación a la producción de alimentos de origen vegetal en Cuba en los últimos años (2013 – 2017) se puede decir, que la misma ha venido registrando una variabilidad en las producciones, tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción de alimentos de origen vegetal en Cuba, 2013-2017 (Toneladas) (Fuente: Elaboración propia a partir de ONE: Principales indicadores del sector agropecuario, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 y Anuario estadístico de Cuba, varios años.)

Productos	2013	2014	2015	2016	2017
Tubérculos y raíces, de ello:	1 580 500	1670 864	1 743 422	1 843 469	1 225 000
Papa	106 700	53 308	123 938	95 663	132 000
Boniato	396 347	512 825	506 839	594 378	435 300
Malanga	185 922	269 590	246 472	227 252	111 200
Plátano	658 500	836 193	890 197	1 016 150	761 400
P. Fruta	150 336	203 225	234 471	298 081	162 391
P. Vianda	508 164	632 968	655 726	718 069	599 009
Hortalizas, de ello:	2 406 500	2 498 960	2 424 163	2 384 823	1 942 800
Tomate	678 000	454 112	551 007	481 470	480 000
Pimiento	73 336	60 543	69 034	70 956	65 254
Cebolla	126 876	112 779	107 181	89 604	28 321
**Arroz (Cáscara Húmedo)	672 600	584 800	418 037	514 045	234 800
Maíz	426 200	428 695	363 021	404 467	264 700
Fríjol	129 800	135 545	117 556	136 570	116 900
Cítricos	166 900	96 810	115 384	119 494	92 900
Frutales	925 000	884 464	942 675	944 503	823 400

** Datos de ONE: Anuario estadístico de Cuba 2013 -2017; considera la producción de parcelas, patios incluidos en la producción de arroz popular.

A partir de los años 2013 – 2016 se observa un incremento en la producción de algunos cultivos, variabilidad y descenso en otros, mientras que en el año 2017 las producciones de todos los cultivos estuvieron por debajo de las obtenidas en los años anteriores, a excepción del cultivo de la papa en las que se evidenció un incremento.

Así tenemos, que en el período 2013 – 2016 en los cultivos de raíces y tubérculos como el boniato, se observa una recuperación significativa fundamentalmente en el año 2016 que fue superior para todos los casos, en el cultivo de la malanga a partir del 2014 se evidencia un descenso en sus producciones y la papa mostrovariabilidad, siendo en el año 2017 como se señaló anteriormente donde se alcanzó la mayor producción.

Para el caso de las viandas (plátano fruta y vianda) durante este período la producción fue en incremento con valores sobresalientes en el año 2016. Las hortalizas en general mostraron un descenso desde el 2014 en lo adelante, pues el cultivo del tomate manifestó variabilidad en su producción tendiente al descenso con respecto al año 2013, donde sus producciones fueron destacables, el pimiento y la cebolla exhibieron un descenso desde el 2014 hasta el 2017.

La producción de arroz, maíz y frijón mostraron cierta estabilidad, aunque en los años 2015 y 2017 las cifras obtenidas estuvieron por debajo del resto de los años. Los cítricos mantuvieron una tendencia al incremento en los años 2015 – 2016, pues en los años 2014 y 2017 los valores alcanzados fueron similares y muy por debajo a los de los años antes mencionados, en este cultivo el año 2013 fue el de mayor producción. Por su parte, las producciones de frutales fueron bastantes estables, lográndose las mayores producciones en los años 2013, 2015 y 2016, en correspondencia con los años 2014 y 2017 cuyos valores fueron inferiores a los de estos años.

A modo de comparación, es necesario señalar que en la mayoría de los cultivos los años 2014, 2015 y 2017 constituyen puntos de referencia extremadamente bajos para la producción de algunos alimentos en Cuba, debido al paso de huracanes que han afectado las áreas sembradas y por consiguiente la producción, como es el caso más reciente del huracán “Irma” en el año 2017, el cual ejerció su paso a lo largo de toda la isla, dañando más del 50% de los campos de cultivo fundamentalmente en las regiones central y occidental del País.

Por otro lado, es importante señalar que el mercado interno de productos

agrícolas en Cuba, se distingue en esta etapa analizada por el insuficiente abastecimiento, inestabilidad en las ofertas, dificultades en la comercialización y altos precios en determinados productos.

2.1.9. El Sistema Estatal de Sanidad Vegetal en la actividad agrícola en Cuba

La actividad fitosanitaria en Cuba existe prácticamente desde que se organizó el Sistema Estatal de Sanidad Vegetal en los años 1974-1975 (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 2008), <http://www.inisav.cu>), está dirigida al sector agrario en general y tiene como funciones principales las siguientes:

- Educación para la Sanidad Vegetal.
- Innovación fitosanitaria para el manejo de plagas.
- Servicios científico-técnicos fitosanitarios.

Este sistema es dirigido por el CNSV y metodológicamente por el INISAV, quienes de conjunto integran su superestructura, todos integrados en una red de educación, innovación y servicios científico-técnicos, que constituye un sistema de extensión que involucra a todos los tipos de agricultores del país (Figura 3).

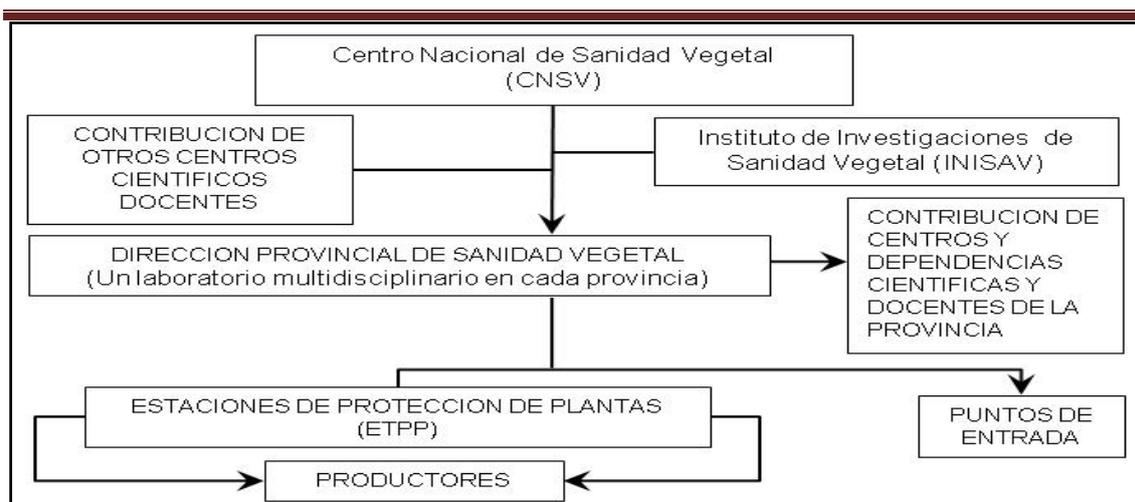


Figura 3. Estructura del Sistema de Sanidad Vegetal de la República de Cuba.

Está compuesta básicamente por la red de Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPPs) y de Laboratorios Provinciales de Sanidad Vegetal (LAPROSAVs), que en número de 67 y 14 respectivamente existen en todo el país (Figura 4); se tienen además las direcciones provinciales de Sanidad Vegetal (DPSVs) y las entidades nacionales rectoras y metodológicas de este servicio, a saber: el Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), así como otros centros de investigación y docencia cubanos que colaboran directamente con la Sanidad Vegetal.



Figura 4. Distribución de las ETPP y los LAPROSAV en el País.

Para el desarrollo de estas funciones, el sistema de Sanidad Vegetal se ha nutrido de técnicos y profesionales graduados en los diferentes institutos politécnicos agropecuarios y universidades del país, los que mediante un

constante programa de capacitación y actualización técnica, se ocupan de esta importante misión en apoyo a la producción agraria. Este potencial está integrado por técnicos de diferentes especialidades (Figura 5), de los cuales el mayor porcentaje está ubicado en las unidades de producción y el resto en el servicio de Sanidad Vegetal (LAPROSAVs y ETPPs).

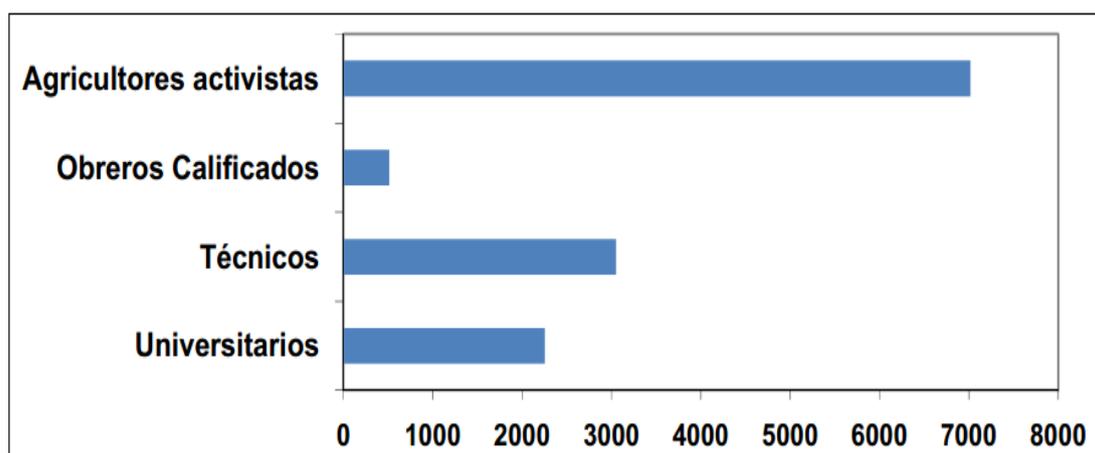


Figura 5. Categorías ocupacionales y cantidad de talentos humanos vinculados a la actividad fitosanitaria en Cuba.

Por supuesto, de igual fortaleza es el movimiento de activistas fitosanitarios, que está conformado por agricultores de mayor experiencia y de avanzada en la introducción de la ciencia y la técnica, los que también son asesorados y capacitados periódicamente por los especialistas de las ETPPs existentes en los diferentes territorios. Estos activistas son trabajadores de las unidades de producción, campesinos en general, que se capacitan constantemente en Sanidad Vegetal.

Muchos de los especialistas de la red de laboratorios provinciales y estaciones territoriales han alcanzado el título de Máster y Doctor en Ciencias Agrícolas y son profesores adjuntos de las Filiales Universitarias Municipales (FUM), lo que avala su desarrollo profesional.

La Sanidad Vegetal del País tiene su propio sistema para la generación, transferencia y el perfeccionamiento de las tecnologías fitosanitarias para el manejo de plagas, que es precisamente su red de unidades que conforman el servicio estatal de Sanidad Vegetal, así como los técnicos fitosanitarios de las empresas estatales, las cooperativas y los activistas fitosanitarios (Figura 6).

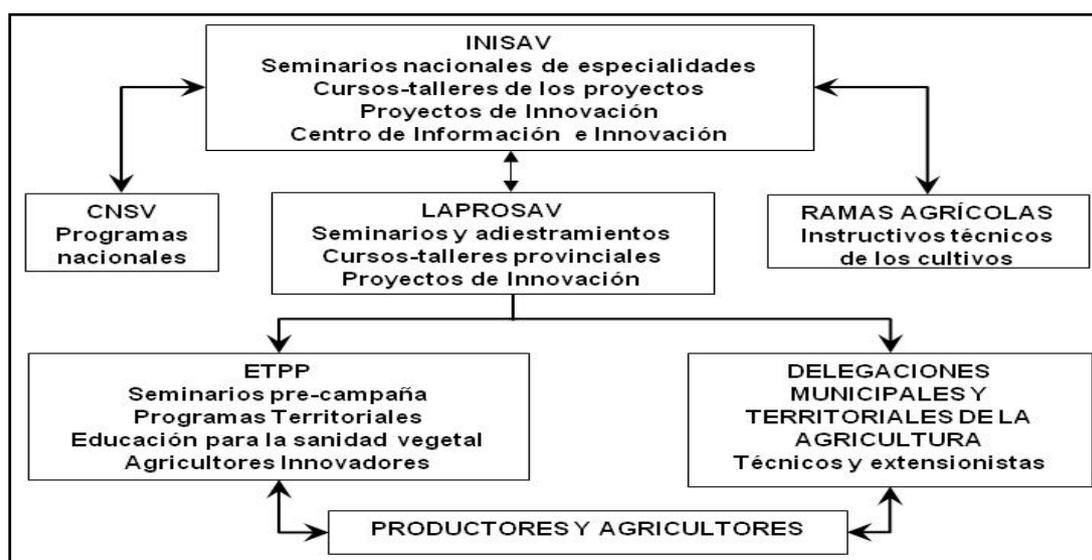


Figura 6. Sistema de innovación y extensión fitosanitaria del INISAV para el Manejo de Plagas.

La generación de las tecnologías de manejo de plagas se realiza principalmente por el Instituto Nacional de Sanidad Vegetal (INISAV), quien ejecuta sus investigaciones en condiciones de laboratorio, semi-laboratorio y área experimental. Algunos experimentos son realizados también en condiciones de producción, muchas veces de forma paralela a los de las parcelas experimentales, esto garantiza una información rápida del comportamiento de la tecnología bajo las condiciones de producción.

Un eslabón muy importante en todo este proceso son los LAPROSAV, quienes no sólo participan en la generación y validación de las nuevas tecnologías, sino que son prácticamente los actores principales en la transferencia y perfeccionamiento de éstas a nivel de cada provincia.

Otro eslabón decisivo son las ETPPs, quienes tienen el contacto directo con los agricultores y dedican el mayor tiempo y recursos a la extensión, ya que no sólo realizan seminarios y otras actividades de educación, sino que facilitan el acceso de los agricultores a los servicios científico-técnicos y realizan directamente la transferencia de nuevas tecnologías.

Desde luego, este proceso no pudiese realizarse sin la valiosa participación de los técnicos fitosanitarios, así como de los activistas de Sanidad Vegetal.

El resumen anterior muestra que el modelo cubano de generación, validación,

demostración, adopción y perfeccionamiento de las tecnologías fitosanitarias, es transdisciplinario, con gran participación de innovadores, los extensionistas (especialistas de las ETPPs), los fitosanitarios de las unidades de producción y los agricultores.

En resumen, el INISAV ha logrado articular un sistema que le permite realizar un proceso de innovación muy representativo, porque tiene el alcance de los diferentes sistemas agrícolas del país y se enriquece con la participación de los técnicos y agricultores.

También a este sistema tributan otros Institutos y las Universidades, cuya contribución al desarrollo fitosanitario del país es importante.

2.2. Caracterización de la provincia de Holguín

Tomando como referencia la caracterización de la provincia de Holguín, realizada en el año 2013 por el grupo gestor del Programa de Desarrollo Humano Local (PDHL) perteneciente al Gobierno Provincial, se dan a conocer de forma sintetizada algunos aspectos sobre la provincia de Holguín.

La provincia de Holguín ocupa la porción norte de la región oriental del País. Limita por el noreste con el Océano Atlántico, al este con la provincia de Guantánamo, al sur con la provincia de Santiago de Cuba y Granma y al oeste con la provincia de Las Tunas (Figura 7). Posee una superficie de 9 300,5 km² y una población de 1 035 825 habitantes, y su densidad poblacional es 111,4 habitantes/km².



Figura 7. Ubicación de la provincia de Holguín, República de Cuba.

Se encuentra estructurada en 14 municipios, destacándose un relieve montañoso en la parte oriental y llano en la occidental con un alto endemismo florístico y faunístico, posee además importantes bahías naturales como Gibara, Naranjo, Banes, Sagua de Tánamo y la de Nipe.

La caracterización de la provincia de Holguín y su situación actual en los renglones económicos, agrícolas y ambientales, se puede conocer a través del informe del Programa para el Desarrollo Humano a Nivel Local en Cuba (PDHL) del año 2007, el cual constituye una fuente de información de vital importancia para la toma de decisiones en cada una de las localidades en las esferas analizadas.

2.2.1. Clima

En los últimos años el clima de la provincia se ha comportado de forma muy inestable, más si tenemos en cuenta que la misma se encuentra dividida en dos zonas bien definidas, zona norte y zona sur, con gran variabilidad en los factores climáticos que influyen de forma directa en el desarrollo agrícola afectando las producciones de los cultivos.

La temperatura media anual es de 25,5 °C la máxima media es de 30,9°C y la mínima media de 21 °C, con una humedad relativa media del 79 %, en los últimos años la temperatura media experimentó un incremento de 0,3 a 0,8 °C.

Se distinguen dos periodos: uno seco de noviembre hasta abril y otro de lluvias de mayo a octubre. Las lluvias oscilan entre 1 200 y 2 400 mm en la zona oriental y en la occidental de 100 a 150 mm, la media en la provincia es 1 100 a 1 200 mm.

2.2.2. Suelos

Los suelos de la provincia se pueden clasificar en tres grandes grupos: al Este y asociados a los sistemas montañosos se localizan los suelos Ferromagnesiales (Ferríticos, Ferríticos Púrpuras en las zonas más elevadas y Fersialítico Pardo Rojizo hacia las partes menos elevadas), hacia el centro Norte se destacan los suelos escabrosos vinculados con el litoral costero y las pequeñas elevaciones de las Alturas de Maniabón, al centro y Sureste se observan los suelos de mayor valor agrícola dentro de las cuencas hidrográficas de los ríos Cauto, Nipe, Gibara y Cacoyuguín, notándose suelos del tipo Oscuro Plásticos con Carbonato y sin Carbonato con intercalaciones de Fersialítico Pardo Rojizo y un contenido significativo de salinización.

En la Figura 8, se muestra la distribución de estos tipos de suelos en la Provincia de Holguín, siendo los suelos Pardos y Oscuros Plásticos los de mayor distribución dentro del territorio con un 26 % y 24 % respectivamente, seguidos por los Ferralíticos con un 18 %, los Ferríticos y las Rendzinas ocupan el 10 %, los Fersialíticos un 9 %, mientras que los Aluviales y Húmicos se encuentran distribuidos entre 1 y 2 %.

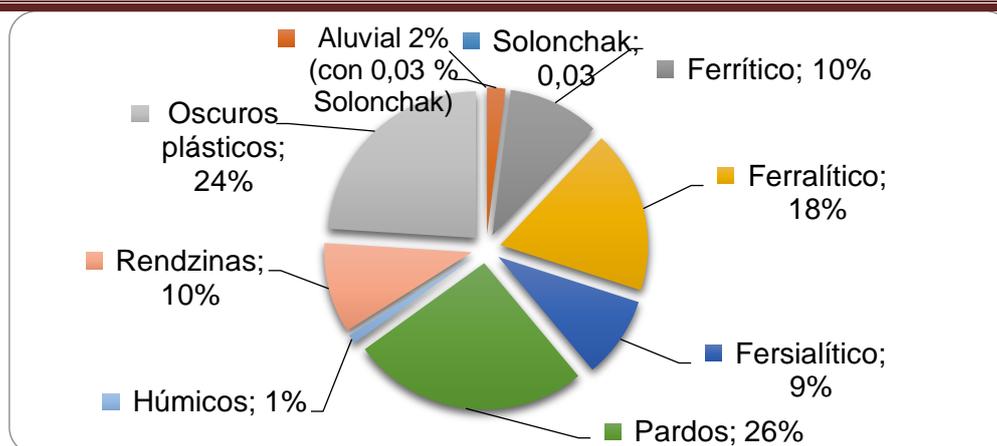


Figura 8. Distribución de los suelos en la provincia Holguín (Fuente: Departamento de Suelos, Delegación MINAGRI, Provincia de Holguín).

2.2.3. Degradación de los suelos

Se observa un incremento de los procesos conducentes a la desertificación, la sequía y las recurrentes inundaciones, provocados por el efecto de eventos naturales y por la explotación que han tenido los suelos en la actividad agropecuaria año tras año.

En otros estudios realizados por el MINAGRI, (1995) se conoce que la erosión que se manifiesta es clasificada en cuatro rangos: muy fuertemente erosionado 13 438 ha, fuertemente erosionado 28 396 ha, medianamente erosionado 428621 ha y poco erosionado 460 256 ha. Más del 50 % de los suelos de la provincia han perdido del 25 al 75 % del horizonte superior (A). Al evaluar la salinidad en los primeros 100 cm, se observa que 61 650 ha están afectadas y de ellas 9 648 ha se clasifican como muy fuertemente salinas.

Los factores fundamentales que inciden en este proceso son el inadecuado manejo de los suelos y el deficiente drenaje superficial e interno, así como el empleo de aguas con baja calidad para el riego, además de ser fuertemente afectados los suelos Vertisoles por los procesos de compactación, provocados por el inadecuado manejo de la mecanización.

2.2.4. Deforestación

Aunque en los últimos años el Gobierno de la Provincia ha desarrollando una

estrategia de trabajo serio en la forestación de las zonas afectadas, todavía es insuficiente, lo que provoca que en la actualidad la cobertura forestal sea de unas 279 433 ha (49,3 % de bosques naturales y el 44,9 % de bosques plantados). El área deforestada ocupa 16 102 ha ubicadas en las cuencas del Cauto, Sagua de Tánamo y zonas mineras del Este, afectando de forma significativa el medio ambiente.

2.2.5. Red hidrográfica

La red hidrográfica puede considerarse extensa, la componen 42 ríos, de ellos 36 en la vertiente Norte y seis en la Sur. Se destacan por su importancia el río Mayarí, el Sagua y el Nipe y los seis de la vertiente Sur que tributan a la subcuenca del río Cauto. El potencial hidráulico es de 3430 hm³ con un 97 % de aguas superficiales y un 3 % de aguas subterráneas, su distribución en el territorio es alrededor del 75 % en la zona Este y un 25 % en la Oeste.

2.2.6. Situación actual de la producción del sector agrícola

La producción se encuentra básicamente en la parte centro y sureste de la provincia, cubriendo los territorios de las cuencas hidrográficas de los ríos Cauto y Nipe, donde se dedican aproximadamente 4 000 ha, para el cultivo de la caña de azúcar, con una estructura agrícola conformada por: Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), Unidades Estatales de Producción (UEP) y Productores Individuales.

Los rendimientos agrícolas en el mayor por ciento de las áreas son bajos, debido a las continuadas y largas sequías, limitaciones económicas, las que no han permitido cumplir por un largo periodo las actividades para la recuperación agroquímica de los suelos y mejorar e incrementar el riego y drenaje de las áreas.

Por todo lo anterior, se promueve una agricultura ecológica y auto sostenible en lo posible para la agricultura en general. La producción azucarera es altamente costosa, influyendo en ello los factores siguientes: los bajos rendimientos agrícolas, obsolescencia en toda la red industrial que encarece los mantenimientos y reparaciones y la depauperación de los precios del azúcar en

el Mercado Mundial.

La red industrial azucarera, después del redimensionamiento, de diez centrales azucareros disminuyó a seis en toda la provincia. Se distribuyen por municipios de la forma siguiente: Cacocum (2), “Urbano Noris” (1), Báguanos (2) y Cueto (1).

2.2.7. Problemáticas que inciden en el desarrollo agrícola

Según lo planteado anteriormente, se puede hacer un resumen de los problemas que más afectan a la provincia que provocan los bajos rendimientos de los cultivos y una insuficiencia alimentaría en la población, de acuerdo a lo siguiente:

1. Degradación del medio natural provocado por la deforestación, el inadecuado manejo de los suelos agrícolas, la utilización en el riego de aguas con características químicas inapropiadas. Este fenómeno se manifiesta en las cuencas hidrográficas de los ríos Moa, Sagua de Tánamo, Mayarí y Cauto.
2. Contaminación de las aguas como resultado de la deficiente infraestructura tecnológica para la evacuación y el tratamiento a los residuales, procedentes de los asentamientos humanos e industriales.
3. Tecnologías de labranza y transporte obsoletas.
4. Deficiente equipamiento tecnológico para el control fitosanitario de las plantaciones.
5. Insuficiente disponibilidad en los sistemas de riego para la agricultura extensiva y urbana.
6. Déficit y obsolescencia en el equipamiento y tecnologías mecanizadas.
7. Escasa implementación de tecnologías de avanzada en los procesos productivos que garanticen un mayor rendimiento de los cultivos.

2.3. Caracterización del municipio Gibara

A partir del diagnóstico realizado en el municipio Gibara de la provincia de Holguín por el grupo de Extensión Agraria de la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de la provincia de Holguín (ETIAH), bajo el

Proyecto Franco Cubano titulado “Proyecto de Apoyo al Sistema de Extensión Agraria” (PASEA, 2013), se refieren a continuación algunos aspectos sobre los resultados de este diagnóstico en dicho Municipio.

2.3.1. Síntesis del desarrollo histórico

Desde épocas anteriores a la colonización, en el territorio donde se encuentra hoy el municipio Gibara, existían asentamientos aborígenes de economía basada en la recolección y la pesca.

Cristóbal Colón llega a Gibara el 29 de octubre del 1492 llamándole a la zona “Río de Mares”, donde por primera vez establece contacto con los nativos de la isla en el asentamiento aborigen “Loma El Catuco” y reparó sus naves (carenar) en la playa “Carenero”. En El Catuco es donde los españoles Torres y Jerez conocen por primera vez el tabaco nombrándolo “El Tizón de Río de Mares”. También de este territorio fue de donde “El Almirante” se llevó para España los primeros aborígenes.

El núcleo cabecera del municipio surge dada la necesidad de proteger el interior del territorio de los ataques de corsarios y piratas. El 16 de enero de 1817 se funda Gibara con el inicio de la construcción de la Batería Fernando VII, lo que dio lugar a que se fomentase rápidamente el poblado y a partir de ahí, el desarrollo de diferentes asentamientos (en el actual territorio municipal) según la fertilidad de los terrenos que le rodeaban.

El nombre de Gibara corresponde al de la población cabecera el cual puede proceder de 3 hipótesis planteadas:

Jibá: palabra aborigen que se refiere a una variedad de arbustos que abundan a la orilla de arroyos, lagunas o tierras anegadizas de la zona.

Chibara: palabra aborigen que se refiere a la Uva Caleta abundante en toda la costa del municipio.

Jíbaro: se refiere a los perros que abandonan a los dueños y se internan en el monte, de los cuales había bastantes en la zona.

De ellas la más aceptada es la referente a la palabra aborigen Jibá.

En poco tiempo el auge de la actividad mercantil y la cercanía con Holguín, le convierten en un puerto natural por excelencia, quedando éste habitado como

de III clase el 23 de diciembre de 1821. En 1823 fue creado el ayuntamiento de la Villa.

Iniciada la guerra del 1868 los peninsulares promovieron la construcción de una muralla alrededor de la ciudad, que resguardaba su riqueza comercial, sus lujosas residencias e instalaciones socioculturales. Ante el avance de las fuerzas insurrectas, poblados cercanos fueron escenarios de importantes combates en 1868 y 1895, destacándose los de Yabazón y Loma del Hierro. El 25 de julio de 1898 hacen su entrada triunfal las tropas mambisas del general Calixto García.

El primero de diciembre de 1898 se toma el acuerdo del Consejo Superior del Distrito de Holguín para fijar los límites del municipio que abarcaba hasta Banes.

Varias generaciones de gibareños se enfrentaron a los gobiernos de la República Neocolonial y a las sangrientas dictaduras de Gerardo Machado y Fulgencio Batista, convirtiéndose en protagonistas de importantes hechos como: La Guerrita de Gibara el 17 de agosto de 1931, la Huelga Estudiantil del 12 de mayo de 1947, la Fundación del Movimiento 26 de Julio el 4 de diciembre del 1958 y la liberación de Velasco y Gibara por las tropas rebeldes, hasta el derrumbe de la tiranía el 1 de enero de 1959.

La población en su mayoría es descendiente de españoles, fundamentalmente canarios, gallegos asturianos. Existen también algunas familias árabes y africanas.

2.3.2. Ubicación geográfica y población

El municipio de Gibara se encuentra situado al norte de la provincia de Holguín, limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con el municipio Holguín, al este con el municipio Rafael Freyre y al oeste con la Provincia Las Tunas (municipio Jesús Menéndez) y el municipio Calixto García (Figura 9). El territorio abarca una superficie total de 630 km².

La población alcanza un total de 72 084 habitantes para una densidad de 114 habitantes/km², de ellas 28 834 son urbanas y 43 250 son rurales. De este valor inicial 37 431 son de sexo masculino y 34 653 femenino.



Figura 9. Ubicación geográfica del municipio Gibara, provincia Holguín.

2.3.3. Clima

El clima es tropical semiárido, típico de la región Oriental de Cuba, con verano relativamente húmedo y se caracteriza por una serie de indicadores.

- Marzo y Abril: son los meses de mayor ocurrencia de días despejados.
- Dirección predominante de los vientos: noreste.
- Temperatura mínima media anual del aire: 21°C
- Temperatura media anual: 25,3°C
- Temperatura máxima media anual: 30,6°C
- Evaporación media anual: 2 300 mm.
- Humedad relativa: alrededor del 83 %
- Precipitaciones media anual: 800-1000 mm.
- Máximas precipitaciones: octubre-noviembre (principales), mayo-junio (secundaria).
-

El registro histórico del acumulado de precipitaciones caídas por meses del año (mm), en el municipio Gibara, aparece en la Tabla 5.

Tabla 5. Registro histórico de precipitaciones por meses del año (mm), en el municipio Gibara (Fuente: Departamento de Meteorología, Delegación Provincial del CITMA, provincia de Holguín, 2017).

MESES	CANTIDAD (mm)
Enero	59
Febrero	35
Marzo	43
Abril	54
Mayo	132
Junio	132
Julio	50
Agosto	73
Septiembre	104
Octubre	215
Noviembre	151
Diciembre	76
PROMEDIO HISTÓRICO ANUAL	1 124

No obstante, los estudios territoriales ambientales de los últimos años indican una gran disminución de los promedios históricos de precipitaciones en la provincia, haciéndose más notables hacia la porción norte en una franja que cubre la totalidad del municipio Gibara, y que clasifica como zona de ambiente Seco Severo, muy vulnerable a afectaciones por sequías prolongadas. Esto, indudablemente influye de manera decisiva en los bajos rendimientos agrícolas. Gibara, es un municipio que, por las características agrológicas de sus suelos y tradición histórica de poseer una base económica agropecuaria, constituye uno de los territorios con más potencialidades para desarrollar actividades agrícolas que pueden impulsar o apoyar el desarrollo de la agricultura local.

2.3.4. Suelos

En cuanto a los tipos de suelos identificados (Figura 10), el 46 % corresponde al Fersialítico Pardo Rojizo Típico, el 16% a los Pardos sin Carbonatos, el 15 % a las Rendzinas Rojas, el 13 % a los Fersialítico Rojo Pardusco Ferromagnésico y el 8% a los Pardos con Carbonatos, según la Nueva clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

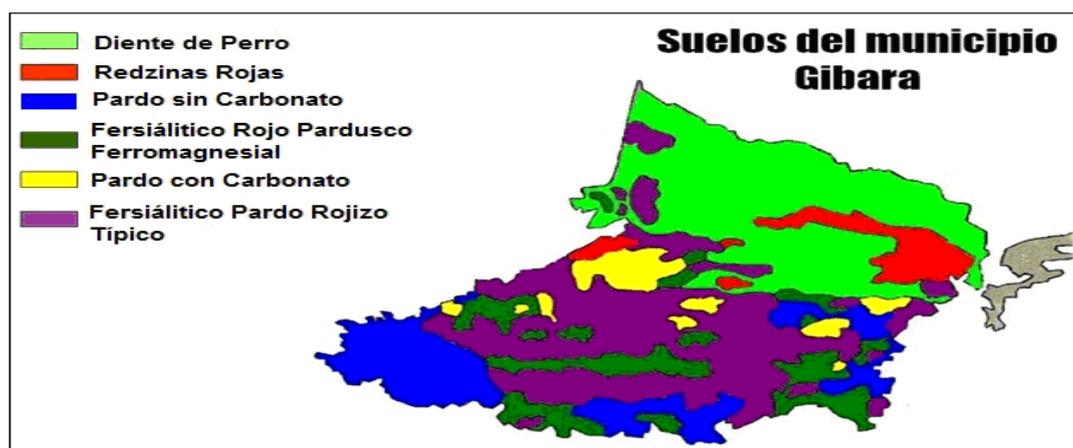


Figura 10. Distribución de los suelos en el municipio Gibara (Fuente: Departamento de Suelos, MINAGRI, Provincia de Holguín)

Aunque es importante destacar que en este Municipio los suelos están muy degradados por la actividad agrícola intensa a que son sometidos y la deforestación de las cuencas hidrográficas.

2.3.5. Relieve

Su relieve es ondulado con un 60 % de llanura, con excelentes condiciones para la agricultura, presenta tres zonas desde la costa hacia el interior, encontrándose primeramente una llanura marina, seguida de pendientes del 15 % en la Sierra de Cupeycillo y Candelaria, pertenecientes al Grupo Maniabón y, por último, ocupando la mayor porción del municipio, se encuentra una llanura diaudativa ondulada y diseccionada con colinas residuales. La superficie del área semimontañosa es de 98 km², mientras que la zona llana es de 532 km².

2.3.6. Red hidrográfica

Las principales fuentes hidrográficas son los ríos Cacoyugüín y Mano, así como la presa conocida como la Mula, con una capacidad de embalse de $6,6 \times 10^6 \text{ m}^3$. La superficie acuosa asciende a 2 180,52 ha, de las cuales 1 906,47 ha son estatales y 274,05 ha son del sector no estatal. El potencial hidráulico es de 36621 hm³: dos presas con 28 130 hm³ y 18 micro-presas con 8 491 hm³. Las aguas superficiales están constituidas por dos ríos, 1.026 pozos y 657,4 m³

2.3.7. Actividades Agrícolas

El sector fundamental del municipio es el Agropecuario. La superficie dedicada a la agricultura es de 29 724,52 ha, de las cuales 3 500,17 son estatales y 26 224,35 no estatales, de ellas se cultivan 19 246,99 ha (estatales 2 095,5 ha y no estatales 17 151,45 ha), de éstas pueden ser regadas 3543 ha.

El fondo agrícola es de 257,36 km² que constituye el 41 % del área total del municipio, concentrándose la mejor área en la zona Sur del mismo (Velasco, Bocas, Floro Pérez, Uñas, Los Alfonsos y Arroyo Seco).

Cuenta con 51 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), 22 Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA), 12 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) y 2 granjas estatales de la División Mambisa (“Luís Marcano Álvarez” y “José M.Aurecochea”).

En los consejos populares de Uñas, Velasco y Bocas se encuentran ubicadas las UBPC Leonel Hernández, CPA Álvaro Fernández, CCS Combate del Cerro y la Estación Territorial de investigaciones agropecuarias de Holguín (ETIAH).

Poseen un área total de 93,91 caballerías (1 267,27 ha) de ellas 33,23 (445,95 ha) cultivables y cuentan con un capital humano de 380 personas, de ellos 315 hombres y 65 mujeres. Estas unidades tienen como misión de producir viandas, granos y hortalizas. Están estructuradas por áreas de trabajo incluido el módulo pecuario compuesto por ovino-caprino, aves, porcino y bovinos, utilizando métodos de crianzas tradicionales. La producción de leche es uno de los objetos sociales de estas entidades, encargadas de garantizar el suministro de leche fluida a la población.

En el Municipio Gibara se cultivan gran diversidad de productos agrícolas, se considera el mayor productor de granos, viandas y hortalizas de la provincia Holguín. En los últimos años la producción agrícola ha logrado mantener producciones que superan las 50 000 ton, para alcanzar estos niveles productivos solo utiliza el 18 % de la superficie del Municipio. Gibara abarca una gran parte de lo que era conocido como el granero de Cuba con producciones alrededor de 30 000 ton de granos. En la actualidad, la labor se dirige hacia una diversificación de la producción.

La producción agrícola se ha caracterizado por varios acontecimientos importantes:

- ❖ Introducción de nuevas variedades de viandas, granos y hortalizas con la ayuda de institutos de Mejoramiento Genético de otros países.
- ❖ Incremento del cultivo de la papa en las unidades de producción.
- ❖ Expansión de los cultivos de ajo, cebollín y cebolla.
- ❖ Incorporación del garbanzo y el arroz popular en el sistema de cultivo de los granos
- ❖ Utilización de la producción de insecticidas y otros controles biológicos en los CREE.
- ❖ Se produce un fuerte impulso de las inversiones de riego con el desarrollo de técnicas de riego electrificado de pivote central y micro aspersor.
- ❖ Vinculación de los trabajadores a los resultados finales de la producción CPA, UBPC.

2.3.8. Potencialidades y problemas en el desarrollo agrícola

Potencialidades

- ✓ Existencia de un importante capital humano con más de 1625 profesionales graduados en diferentes ramas de la economía, la agricultura y los servicios.
- ✓ Existe un potencial considerable de aguas controladas en presas y micro presas: 34 000 000 m³, que pudieran ser aprovechadas para el regadío de 1078,18 ha de cultivos si se pudiera contar con los recursos para adquirir e instalar las conductoras hasta las tierras de 166 campesinos. Esto elevaría considerablemente la producción de estas áreas y sería fuente de nuevos empleos.
- ✓ Existencia y desarrollo de innovaciones tecnológicas dirigidas a la ganadería intensiva, que permiten el incremento de la producción lechera y la masa ganadera garantizando la leche fluida a los niños.
- ✓ El incremento sostenible de las áreas boscosas dada las condiciones que brindan las cuencas hidrográficas, las zonas montañosas y

costeras.

- ✓ Importantes áreas agrícolas que ascienden a más de 29 724,52 ha con rendimientos aceptables que pudieran ser beneficiadas con la instalación de sistemas de riego.
- ✓ Recuperación de áreas ociosas o subutilizadas para el desarrollo intensivo de la Ganadería, potenciadas por embalses y otras fuentes de abasto que sólo requieren de los sistemas de riego.
- ✓ Existencia de un programa para el desarrollo de la Agricultura Urbana con una importante infraestructura para el incremento sostenible para la producción de vegetales, hortalizas y plantas medicinales, focalizado en todos los Consejos Populares del municipio.

Problemas

- ✓ Degradación de los suelos en las áreas de cultivo.
- ✓ Deforestación de las cuencas hidrográficas.
- ✓ Falta de los sistemas de riego que permitan la mejor explotación de las áreas de cultivo y la extensión de la ganadería intensiva.

2.4. Situación del frijol en Cuba y en la provincia de Holguín

Según el Centro de Estudio de la Economía Cubana (CEEC, 2012) en Cuba, al igual que en muchos países de América Latina, existe un hábito muy arraigado de consumir frijoles (frijol común, vinas, garbanzos, chicharos). Especialistas norteamericanos consideraron que a finales de los años 40 del siglo pasado, el consumo per cápita anual de frijoles en Cuba se acercaba a los 16 kg. Según una encuesta realizada por la Asociación Católica Universitaria entre los años 1956 y 1957, los frijoles aparecían en la mesa del trabajador agrícola cubano 23, de los 30 días del mes. A partir de esta y otras fuentes, se estimó que el consumo promedio anual de frijoles en la década de los 50's se mantenía alrededor de los 16 kg por habitante (Marcos, 1997).

A estos niveles de consumo contribuían fuentes de importación, pero también de forma significativa la producción nacional. Según Creach, (1992), la moda de la producción doméstica anual de frijoles entre 1931 y 1960 fue de más de 40 mil toneladas. Durante ese lapso, los años de mayor producción fueron 1954 y 1955, con 67,6 y 65 mil toneladas, respectivamente. Entre 1954 y 1958 el

promedio anual fue de 60 mil toneladas y la participación de las fuentes nacionales en la disponibilidad total se acercó al 55%.

Después del triunfo revolucionario, si bien estos niveles de consumo disminuyeron en la misma medida que se incrementó la participación en la dieta de otras fuentes de proteína y hierro, los frijoles y chícharos continuaron con una presencia destacada en la dieta del cubano

Con la crisis de la década de los 90', todos los tipos de frijoles y los chícharos refuerzan su papel en la dieta, en su calidad de fuentes de proteína relativamente baratas. Su consumo se eleva por encima de los niveles alcanzados en los 80', y de los estimados para la década del 50'.

Asimismo, podemos añadir también que el aporte proteico de estos productos se duplicó, pasando de alrededor de un 9% durante los años 80' a un 18% en los años 2000. Sin embargo, en Cuba la producción de frijoles no recibió los beneficios de una atención sistemática y concentrada evidenciándose un decrecimiento en la producción, siendo a partir de los años 2000 - 2001 en adelante donde ha existido un incremento significativo en la producción de este grano.

En esta situación influyó el hecho de que los frijoles no contaban con áreas propias; teniendo en cuenta que es un cultivo que puede realizarse en rotación con otros como la caña, el tabaco, el arroz y las viandas. De modo que su producción se encontraba ampliamente diseminada en todo el país, pero no era controlada de forma rigurosa por el Estado, ya que no constituía el objetivo fundamental de ninguna de las entidades que realizaban su cultivo. Además debido al proceso de diversificación en lo que a formas de propiedad se refiere, a partir de las medidas tomadas durante los años 1993 y 1994, fundamentalmente con la creación de las UBPC y la entrega de tierras en usufructo para el autoabastecimiento familiar (parceleros), en el sistema que integra a productores propiamente agropecuarios.

Según datos de la ONE, en la estructura de la producción fríjolera del país, se comprime el sector socializado y gana un peso significativo el sector privado, situación esta que ha prevalecido hasta fechas recientes.

En estos últimos años, la producción de frijoles se halla dispersa por todo el país y se ha difundido mucho más, se cultivan lo mismo por agentes especializados en actividades agrícolas, que por entidades ajenas a las que se le han facilitado tierras, algunos insumos y asesoría técnica, para desarrollar producciones con el objetivo de apoyar la alimentación de sus trabajadores en comedores y también el autoconsumo familiar. En la Figura 11, se muestra la producción de frijol en Cuba desde los años 2011 - 2017.

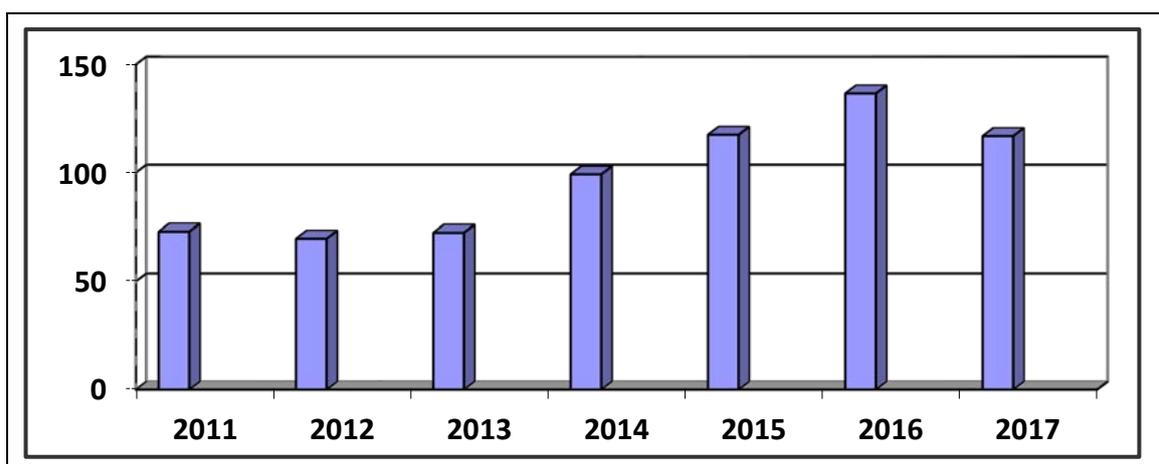


Figura 11. Producción de frijoles en Cuba (MT), desde 2011 - 2017 (Fuente: Elaboración propia a partir de CEEC y ONE, Anuarios estadísticos de Cuba, varios números).

Por tanto la producción de frijoles reviste una importancia estratégica en las actuales y futuras condiciones de Cuba, tanto desde el punto de vista biológico, por su contribución de proteínas a la dieta del cubano, como desde el punto de vista económico, dado el alto gravamen endivisas que implica su importación. Desde el punto de vista ambiental, su importancia viene dada por su contribución en materia orgánica y nitrógeno a los suelos, lo que ayudaría en gran medida a mitigar los impactos negativos de los monocultivos, establecidos por mucho tiempo en grandes superficies del país. Se considera que, en los últimos años en Cuba, se ha cosechado alrededor de 50 mil toneladas de frijol o más como promedio anual.

Se observa que en el año 2011 se alcanzaron a cosechar 78 300 ton, lo cual fue insuficiente para satisfacer el consumo. Por esta razón, el estado cubano se vio obligado a importar este grano, en aras de suplir las necesidades y demandas de la población.

En el año 2012, la producción de frijol fue algo menor que el 2011 con 69,7 MT, por lo que el Ministerio de la Agricultura declaró al diario Granma, que en el año 2012 se tuvieron que comprar más de 30 mil toneladas de frijol para sustituir, o aliviar al menos, la carencia del producto: ello equivalió a gastos extras por 25 725 000 USD. Lo cual demuestra el peso que tiene este grano en los egresos del país.

A partir del año 2013 en lo adelante se aprecia un incremento en la producción de este grano, siendo el año 2016 donde se obtuvieron los mayores valores con 136,6 TM, pues en el año 2017 aunque las cifras obtenidas son similares a las del 2015, se nota un decrecimiento en la producción de frijol, debido a los daños provocados en numerosas plantaciones del País producto al paso de los huracanes “Matthew” (2015) e “Irma” (2017).

Por tanto, reforzar la producción de la Isla es una estrategia insoslayable para la seguridad alimentaria de su población y en cuanto a los granos, debe sustituir la importación de 45 500 ton.

En relación con esto, el País ha trazado la política de la sustitución de importaciones bajo un programa estratégico con este fin, estando la provincia de Holguín como uno de los frentes de mayor importancia en la Isla. En la página web <http://www.radioangulo.cu/noticias/holguin/>, aparece un artículo sobre el “FríjolHolguinero sustituye importaciones”, donde se plantea que en pos de revertir tales hechos, se comenzó a cultivar el grano en estas tierras para sustituir importaciones, como se hizo en otros renglones tan necesarios como éste. En el 2015, parte del frijol destinado en la provincia de Holguín para la canasta básica y el consumo social, procedía de las producciones locales. Según datos suministrados por el Departamento de Cultivos Varios perteneciente a la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura en la Provincia de Holguín sobre la producción de frijol en la provincia a partir del año 2012 hasta el 2017(Figura 12).

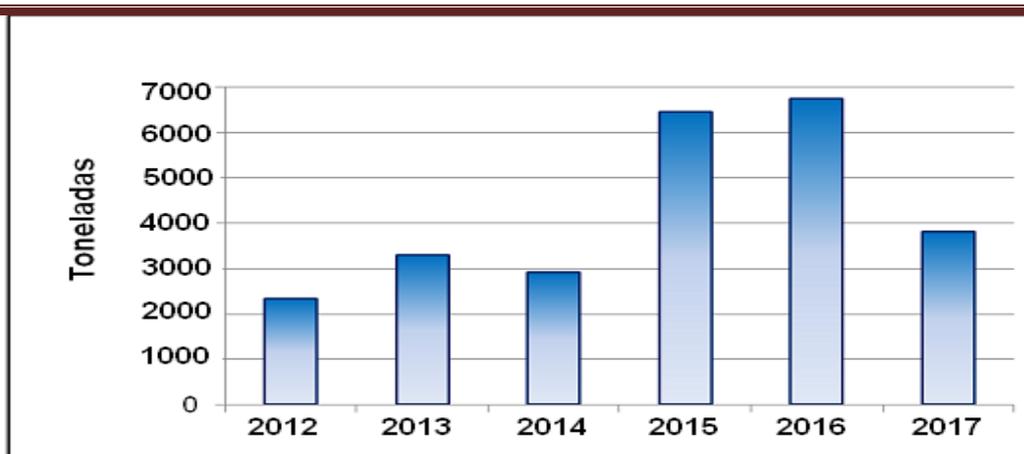


Figura 12. Producción de frijol en la provincia de Holguín (Ton), desde 2012/2017 (Fuente: Datos de producción suministrados por el Departamento de Cultivos varios, de la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura en la Provincia de Holguín, MINAGRI).

Se aprecia que en el año 2012 se obtuvieron 2 337,2 ton de este grano, en el 2013 se produjo un ligero incremento en la producción de frijol con 3 300,6 ton, mientras que en el 2014 se evidenció un decrecimiento en la producción alcanzándose 2 918,3 ton, cifra esta inferior a lo reportado en los dos años anteriores.

Este comportamiento estuvo determinado a la ocurrencia de abundantes precipitaciones durante las campañas de siembra del cultivo, lo cual dificultó la realización de las labores culturales necesarias, además de propiciar condiciones favorables en varias zonas dedicadas al cultivo para la incidencia de patógenos del suelo, fundamentalmente de *Macrophomina phaseolina* con índices de infestación de 43,7 %.

En el año 2015, se logró un incremento significativo de la producción de frijol en la provincia con 6 447,6 ton, la cual fue muy superior a las alcanzadas en los años anteriores, obteniendo como resultado que el 34 % del grano que se consumió en todo el territorio, procedía del fruto de nuestros campos.

En el año 2016, se observó un salto cualitativo en el cierre del primer semestre al alcanzarse 2 500 ton de frijol cosechado en toda la provincia, monto que significó la sustitución de un 71 % de todo el grano destinado al consumo social (escuelas, hospitales y otras instituciones) y la canasta básica de la población en esta etapa, que ampara a más de un millón de habitantes, obteniéndose de

forma general en este año la producción de 6 742 ton.

En el municipio de Gibara donde se agrupan la mayoría de las áreas de siembra en el territorio, en este año 2016 se cosecharon unas 347 toneladas de esa leguminosa, las cuales tuvieron como destino la canasta básica de los residentes en ese municipio holguinero, supliendo la cantidad que importaba el país para el consumo en esta localidad, ese aporte significó un 12 % menos del frijol que se reserva para la provincia, en momentos en que este grano en los mercados internacionales tenía un costo de más de 850 dólares por tonelada.

Lugares como Banes, cuyas tierras históricamente se han destinado al cultivo de la caña de azúcar, el plátano y cítricos, en esta ocasión tuvo una recolecta de unas 800 ton del alimento.

Otros municipios como Rafael Freyre, Holguín y el líder de la cosecha: Gibara, tributaron unas 600, 300, y mil 900 toneladas, respectivamente. El fruto de esta experiencia se extendió hasta los mineros suelos de Moa, municipio que ha acopiado unas cinco toneladas durante este año 2016. Esta proeza no solo se hizo exclusiva para la provincia, puesto que el resultado de la cosecha del grano en campos Holguineros también tuvo destinos a los territorios vecinos de Guantánamo, Santiago de Cuba y Granma.

Sin embargo durante el año 2017 se evidenció un decrecimiento de más del 30 % de la producción de frijol en la provincia con respecto a los años 2015 y 2016, no así con respecto a los años 2012, 2013 y 2014 que fue superior, esta disminución en este año estuvo determinado por varios factores que influyeron directamente sobre el cultivo tales como: siembra de un menor número de áreas debido a condiciones climáticas adversas y el paso del huracán "Irma", incidencia de plagas y enfermedades, como áfidos, virus, microlepidóteros y otros insectos, enfermedades transmitidas por hongos del suelo, entre otras.

De manera general, en la provincia las producciones de frijol aún son insuficientes para cubrir las necesidades del consumo, por lo que se ha estado capacitando a los productores de este grano, con vistas a introducir el de tipo caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en toda la isla. Esta variedad, con un aporte del 25 % de proteína al consumo humano y capaz de incorporar a los suelos volúmenes estimables de nitrógeno, posee otras ventajas: un rendimiento de

dos toneladas por hectárea y apenas demanda insumos. Otra garantía del caupí es que lo atacan poco las plagas y enfermedades.

Las Tunas y Holguín son territorios donde se cultivan de tres a cuatro variedades de gran aceptación popular, y es de esperar que estas ganen preferencia en el plato de todos los cubanos.

Hasta 1985 el frijol caupí (Fotos 3 y 4) ocupaba solo un 5 % del área total dedicada al cultivo del frijol, datos de la Dirección de Estadísticas del Ministerio de la Agricultura dan fe del incremento de la superficie, reportándose en el período 1994 - 1997 áreas de siembras superiores a las 8 000 ha por año.



Fotos 3 y 4. Plantaciones de frijol caupí (Fuente: Fotos tomadas por la propia autora).

El grueso de las siembras se concentra en las provincias orientales sembrando Holguín entre el 32 % y 45 % de la superficie total del país, una de las características del cultivo en esta zona son las áreas sembrada por pequeños productores privados agrupados en Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y en Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA), alcanzando más de 16 000 ha, se destaca el municipio de Gibara donde se siembran aproximadamente 1500 ha anuales.

En el año 2000 fue la mayor producción de frijol caupí de la provincia Holguín, no obstante, se ha observado un mayor número de áreas de siembras en los últimos años, lo cual indica la importancia de este grano dentro de los planes de producción de la Agricultura del Territorio para satisfacer las demandas de la población y en otros casos, para la alimentación animal.

En la Figura 13, se presentan las producciones de frijol caupí en la provincia de Holguín desde el año 2012 hasta el 2017, apreciándose un incremento en la

producción de este grano hasta el año 2016. En el año 2012 fueron obtenidas 155,3 ton de frijól caupí, en el 2013 las cifras logradas fueron superiores con 364,8 ton.

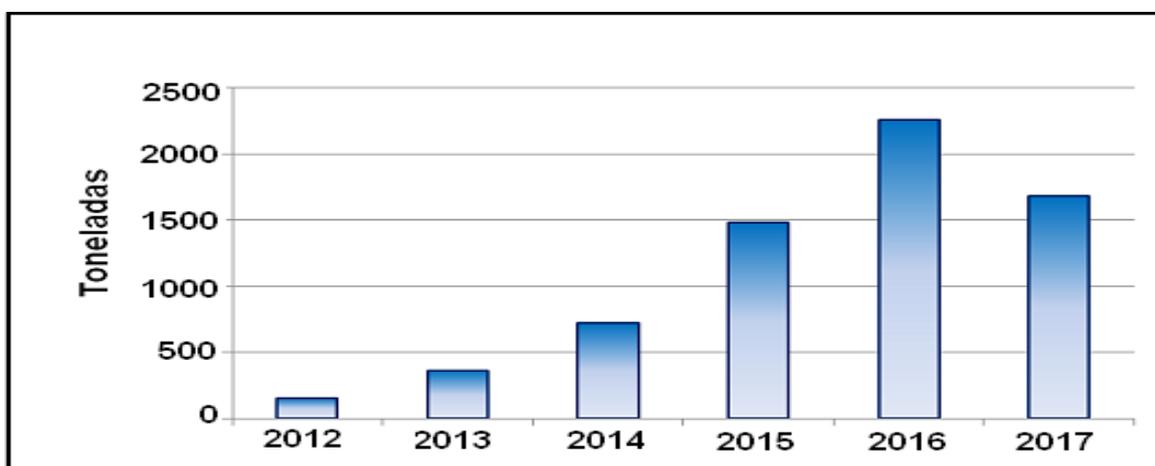


Figura 13. Producción de frijól caupí en la provincia de Holguín, desde 2012 - 2017. (Fuente: Datos de producción suministrados por el Departamento de Cultivos Varios, de la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura en la Provincia de Holguín).

Luego en el año 2014, se registró un salto significativo al duplicarse las cifras obtenidas en el 2013 con 722,9 ton, mientras que en el año 2015 se logró un aumento considerable de las producciones de este grano al compararlas con los años anteriores, obteniéndose 1 481,6 ton, como resultado de las estrategias llevadas a cabo por la Dirección de la Agricultura en esta parte del País, de extender el cultivo en varios Municipios del territorio. En el 2016, la producción del cultivo sobrepasó todas las cifras obtenidas en los años anteriores, alcanzándose este año 2 267,2 ton.

Para esta etapa se contrataron mil 341,3 toneladas, las cuales se acopiaron y fueron entregadas para el consumo social de la provincia y otros territorios como Guantánamo, Santiago de Cuba, Ciego de Ávila. Se vendieron 81,8 ton en los Mercados Agropecuarios Estatales. Se guardaron en cámaras frigoríficas para la revisión por Acopio 3 56,7 y 130,7; además, más de 100 toneladas fueron destinadas a La Habana y Mayabeque. Los municipios más a portadores de frijól caupí fueron Gibara y Holguín, que produjeron por encima de sus compromisos y “Calixto García” que se aproxima a la cifra planificada.

La producción de este grano en el año 2016, señalan que la provincia estuvo en condiciones de lograr su objetivo del año y cubrir alrededor del 70 % de las demandas para la canasta básica del territorio (MINAGRI, Holguín, 2016).

No obstante, al esfuerzo realizado en todos estos años en la provinciaseevidenció un aumento significativo de la producción decaupí, en el 2017 las producciones obtenidas fueron relativamente menores al año 2016, aunque superiores a los años 2012 - 2015, el decrecimiento en este año se debió a que el número de áreas sembradas fue menor debido a condiciones climáticas desfavorables y el paso del huracán “Irma”, se evidenciaron problemas con la comercialización del cultivo en algunos municipios de la provincia, así como la incidencia de plagas y enfermedades, entre otras causas.

Los adelantos científicos, las aplicaciones técnicas rigurosas y el seguimiento genético han posibilitado extender el cultivo del frijol caupí a las zonas centrales y occidentales de Cuba, así como desarrollar estrategias para elevar sustancialmente la producción de este tipo de frijol en la provincia de Holguín, reconocida como el granero de Cuba.

2.4.1. Estrategia para la producción del frijol caupí hasta el 2020

En la proyección estratégica para el caso del cultivo del frijol caupí en Cuba (MINAG, 2020), se proponen las siguientes acciones:

1. Estructurar la composición varietal según hábitos de crecimiento.
2. Utilizar materiales genéticos con resistencia al mosaico dorado del frijol.
3. Garantizar la semilla de calidad en cantidades suficientes.
4. Utilizar una población de 250 000 plantas/ha.
5. Realizar las siembras del cultivo del frijol en los meses de septiembre y diciembre y como alternativa en las siembras de primavera.
6. Complementar la fertilización mineral con semilla inoculada por *Rhizobium*.
7. Generalizar las aplicaciones del fitomas-E.
8. Incrementar las áreas bajo riego en este cultivo.
9. Multiplicar semillas de las variedades de frijol vigna de mayor demanda.
10. Establecer como estrategia la siembra del 40 % de las variedades de

vignas negras, el 30 % de caupí, el 20 % roja y un 10 % de otras.

11. Promover la producción de vignas en el occidente del país y potenciar en áreas de sequía de Holguín, Guantánamo, Las Tunas y Camagüey para incrementar la producción de granos.
12. Priorizar el uso de alternativas biológicas en la conservación de los granos.
13. Aplicar el paquete tecnológico establecido para el cultivo.
14. Introducir nuevas tecnologías de avanzada para el estudio de las plagas y enfermedades que más afectan al cultivo.

De manera general, tres de los principales problemas identificados en la producción de frijol en Cuba, se relacionan directamente con las altas temperaturas, exceso de precipitaciones y la presencia de plagas y enfermedades, para lo cual muchas de las inversiones del estado cubano están dirigidas a mejorar la estructura de riego, hacer un uso más racional del agua, disponer de una preparación óptima de la cosecha, lograr la infraestructura industrial adecuada, y disponer del combustible necesario.

Asimismo, se espera que estén asegurados los fertilizantes, productos para el control de plagas o enfermedades y otras acciones de tipo fitosanitario, cuya máxima responsabilidad la tiene el Sistema Estatal de Sanidad Vegetal.

2.5. El cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (fríjol caupí)

La palabra caupí pueda que sea derivada de la inglesa cowpea (Chícharo de vaca), que sirve para designar los frijoles del género *Vigna*, el cual posee alrededor de 160 especies, pero la más común es la *Vigna sinensis* ó *Vigna unguiculata*

El frijol caupí es conocido por varios nombres. En Argentina se lo denomina poroto arroz, poroto tape, porotito del ojo, etc. En Brasil se lo conoce como feijão macasar o feijão de corda. En Francia como nièbé. En EEUU como cowpea, black-eyed-pea, o southern pea. En Perú como frijol castilla. En Cuba como cancarro o frijol carita y en Venezuela como frijol (Parodi *et al.*, 1972; INIA2001; IPGRI, 1983; Freire *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005).

2.5.1. Centro de dispersión y distribución mundial del frijol caupí

El centro de origen y diversidad de *Vigna unguiculata*, L. Walp., es del oeste de África, al nordeste de África, alrededor del 2 300 a.n.e., el frijolcaupí se esparció al sudeste de Asia y desde allá al sudeste de Europa, introduciéndose en todos los países del viejo mundo que tienen clima apropiado, incluso en Australia (Sumerfield, 1984). Fue difundido al Asia y Europa antes de la era cristiana y entre 1500 y 1600 a América Latina y del Norte. Entró en América procedente del oeste de África en el siglo XVII, a través del comercio de los portugueses y españoles.

El estimado mundial de la superficie de producción de frijol caupí para el año 1996 fue de 1255 millones de hectáreas, con una producción de 3 millones de toneladas de grano, de esta superficie, 8 millones de hectáreas pertenecen a África Central y Oeste, lo cual representa el 64% del total mundial, seguida de América Central y del Sur con 2,4 millones de hectáreas, Asia con 1,3 millones de hectáreas y África meridional y del Este con promedio aproximadamente de 0,8 millones de hectáreas (Quin, 1997; Singh *et al.*, 1997). Este frijol se cultiva tanto en Medio Oriente como en la zona Austral de Europa.

El frijol caupí está ampliamente distribuido a través de los trópicos y los países productores son: Nigeria, República de Níger, Malí, Burkina Faso, Senegal, Camerún, Ghana, Togo, Benín y Chad en el África Oeste y Central; Sudan, Somalia, Kenia, Malawi, Uganda, Tanzania, Zambia, Zimbabwe, Botswana en el África del Este y Mozambique en el sur de África; en este continente se destacan 16 países (Rachai, 1985), produciendo dos tercios de la producción mundial, siendo Nigeria y Níger los principales productores. Otro productor de importancia en el continente es Burkina Faso (García, (1998b). Importantes productores de este frijol lo son también: la India, Bangladesh, Nepal, Myanmar, Srilanka, Indonesia, China y Filipinas del Asia, así como Brasil, Cuba, Haití, USA y las Indias Occidentales en el continente americano (García, 1998b; Padulosi y Ng, 1997).

Una parte sustancial de la producción de caupí procede de las regiones más secas del norte de Nigeria, con unos 4 millones de hectáreas de siembra y 1,7

millones de toneladas de producción; también de la región austral de la República del Níger, donde se establecen con unos 3 millones de hectáreas y logran una producción de 0,3 millones de toneladas. Se afirma por diversos autores, que el caupí fue introducido en América con la trata de esclavos por las Antillas en el siglo XVII y de aquí al Norte y Sur de América.

El nordeste de Brasil, cultiva alrededor de 1,9 millones de hectáreas con 0,7 millones de toneladas, este frijol se incrementa en Brasil, Cuba, Ghana, Mozambique, Nigeria, Sri Lanka, Sudán, Zambia y Zimbabwe (Singh, *et al.*, 1997; MINAGRI, 1997). En Cuba el rango de producción está en valores extremos comprendidos entre 0,6 y 2,0 ton/ha (García *et al.*, 2008).

En Nigeria existe el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) que se dedica al estudio del cultivo del caupí, y en los últimos años ha concentrado el trabajo en el mejoramiento genético, al conferirle a las variedades resistencia a enfermedades e insectos, con plantas con una mejor arquitectura y madurez temprana, que maduran de 55 a 65 días, con varios tamaños y colores de granos.

2.5.2. Importancia y uso

La principal importancia que tiene el frijol caupí está dada por el valor alimenticio, tanto para el hombre como para los animales (CEN, 2001). Sirve, además, como abono o mejorador de las condiciones del suelo, como forraje verde ya que es muy apetecido por el ganado. Es preferible cultivarlo asociado a otras plantas como soya, sorgo; pues se obtiene un mayor rendimiento y un forraje más equilibrado (García, 2008).

Existen agricultores experimentados que rotan este frijol con el maíz híbrido para semilla y señalan que aún perdiéndose la cosecha, le es útil sembrarlo por el beneficio que aporta al suelo, constituyendo una opción como fuente de materia orgánica en la recuperación de la fertilidad de los suelos (García, 2008).

El frijol caupí, según García (2009) posee valores dignos de tenerse en cuenta tales como:

- Alto valor proteico (23-30%).
- Tolerantes a altas temperaturas y tolerancia relativa a plagas y enfermedades.
- Puede comerse como habichuela cuando esta tierno.
- Poco exigente a la calidad del suelo y mejora las condiciones del suelo y lo protege de la erosión por lluvias. Tolerante al estrés por sequía.
- Es un cultivo de ciclo corto.
- La época en que se cosecha por lo general es escasa la producción de alimentos de procedencia agrícola.
- Se utilizan tanto sus granos como la masa verde para la alimentación animal.

2.5.3. Valor nutritivo

El frijol caupí para el consumo humano es una excelente opción por la alta calidad de sus granos y fibras que se caracterizan por su elevado contenido de nitrógeno proteico, fibras, minerales y vitaminas. En la Tabla 6, se refleja el valor y composición nutricional del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

Tabla 6. Contenidos principales de los nutrientes, minerales y vitaminas en 100 g de granos secos de frijol caupí (Tomado y modificado de Lin y Alves, 2002).

Composición	Frijol caupí
Humedad (g)	9,05
Proteína(g)	23,85
Grasa (g)	1,15
Minerales (g)	3,32
Potasio (mg)	1,246
Calcio (mg)	132,0
Magnesio (mg)	0,189
Fósforo (mg)	367,0
Hierro (mg)	6,74
Fibras (g)	5,27
Carbohidratos (g)	62,6
Energía (kcal)	347,0
Vitamina A (IU)	0,114
Vitamina B ₆ (mg)	0,382
Vitamina C (mg)	4,80
Niacina (mg)	2,251
Riboflavina (mg)	0,233

2.5.4. Clasificación botánica

El frijol caupí es una planta dicotiledónea que pertenece a:

Orden. Fabales

Familia. Fabácea

Subfamilia. Faboideae

Genero. *Vigna*

Especie. *Vigna unguiculata*.

De acuerdo con Padulosis y Ng (1997), todo el caupí cultivado es agrupado bajo la especie *Vigna unguiculata*, subespecie unguiculata, que está subdividida en cuatro cultigrupos a saber: *Unguiculata*, *Biflora*, *Sesquipedales* y *Textiles*.

2.5.5. Características de la planta

√ **Raíz:** Su sistema radicular está muy bien desarrollado y es de crecimiento rápido, compuesto de una raíz principal, pivotante y provista de raíces secundarias situadas en la parte superior muy cerca de la superficie. Las raíces principales y secundarias pueden crecer más de 2 m, en busca de agua y nutrientes (Araujo, 1984). En las raíces antes mencionadas se hallan las típicas nudosidades de las leguminosas, que son punto de concentración de las bacterias nitrificantes que fijan el nitrógeno atmosférico N_2 y lo transforman en amonio para que este sea aprovechado por las plantas (Águila, 1987).

√ **Tallo:** es herbáceo con cotiledones epigeos; hipocótilo cilíndrico y estriado. Aún cuando la germinación es epigea, los cotiledones no persisten; pueden perder el 91 % de su peso en la emergencia. El tipo de crecimiento del tallo principal, determinado o indeterminado, caracteriza el porte de la planta (Araujo, 1994).

Habito de crecimiento: erecto, semierecto, rastrero, postrado y trepador; los tipos de crecimientos con inflorescencia terminal son escasos. La ramificación es afectada también por la densidad del cultivo, la fertilidad del suelo y el estrés hídrico (Sellshop, 1982). Además, parece especialmente dependiente de las interacciones del genotipo con diferencias en la longitud del día y en la temperatura nocturna (Summerfield, 1984).

Al estudiar los hábitos de crecimiento de las plantas con zarcillos y sin zarcillos, Karkannavar *et al.* (1991), concluyeron que el hábito de la planta tiene un modo de herenciatrigémico. Uguro y Uzo (1991), estudiaron los hábitos de crecimiento de plantas decumbente, trepadora y arbustivo, y determinaron que los pares de alelo gobernaban el hábito de la planta.

El hábito de crecimiento en el cultivo del fríjol caupí se determinara al momento del llenado de las vainas, de acuerdo con la siguiente escala de la prueba regional de caupí (FAO, 1990):

Erecto Determinado: las ramas forman ángulo agudo con el eje principal y las extremidades de la planta, terminan con inflorescencia.

Erecto Indeterminado: las ramas forman un ángulo agudo con el eje principal y una brotación vegetal se le localiza en las extremidades de la planta.

Semi-erecto indeterminado: las ramas laterales tienden a ser perpendiculares al tallo principal pero no tocan el suelo.

Intermedio determinado: las ramas laterales tienden a ser perpendiculares al tallo principal y la mayoría de las ramas inferiores tocan el suelo.

Semi-postrado indeterminado: la copa de la planta alcanza 0,20 m o más por encima del suelo y las ramas se extienden de 1 a 4 metros sobre el suelo.

Postrado determinado: la copa de la planta queda prácticamente en el nivel del suelo y las ramas se extienden por varios metros sobre el suelo.

√ **Hojas:** el primer par de hojas son simples, opuestas y sésiles; el segundo par son alternas y trifoliadas. El foliolo terminal es frecuentemente más comprimido y de mayor superficie que en los foliolos laterales asimétricos. La forma del foliolo varía de lineal lanceolada o ovalada (Araujo, 1984).

√ **Flor:** la inflorescencia es axilar, en racimos simples, constituida de un pedúnculo erguido de 10 a 15 cm, algunos vellosos y con numerosas flores, la corola de las flores es de color muy variado (blanco, violeta, rosado amarillo, etc.). En las extremidades se insertan las flores y los frutos, dispuestos en pares alternos (Stewart *et al.*, 1980, citado por Sánchez, 1998). Existe una pequeña proporción de autocruzamiento entre flores de la misma planta y en individuos de plantas diferentes, especialmente en clima húmedo. Las flores abren en las primeras horas de la mañana, cuando se produce la polinización y se cierran al mediodía (Araujo, *et al.*, 1988; Summerfield *et al.*, 1991).

√ **Fruto:** el fruto del caupí es monocarpelar en legumbre o vaina dehiscente; varía en forma (derecha o curva), color (de acuerdo a la variedad), tamaño y número de semillas. El fruto aparece, aproximadamente 24 horas después de la apertura de la flor.

√ **Semillas:** de forma, tamaño y colores variables, no poseen albumen, las reservas nutritivas se conservan en los cotiledones. Se distribuyen a lo largo de

la vaina y miden de 2 a 10 mm de largo, con un peso de 5 a 30 g por 100 semillas. El tegumento puede ser liso o rugoso, la testa es opaca. Las semillas viables y vigorosas contribuyen en gran parte al establecimiento de cultivos uniformes con igual desarrollo y comportamiento (Muñoz *et al.*, 1990).

2.5.6. Variedades

En Cuba se cultivan variedades de frijol caupí de crecimiento indeterminado con categoría comercial. La necesidad de contar con nuevas variedades de crecimiento determinado de frijol caupí de mayor agrupación de la madurez, ha originado la introducción de nuevos cultivares, algunos de los cuales han tenido una rápida adopción por los productores debido a su impacto económico.

En el País, existen diferentes variedades de este grano, las cuales están extendida en todo el territorio nacional al ser muy aceptadas por los productores, ya que constituyen una alternativa del frijol común en las épocas de menor producción debido al ataque de plagas y enfermedades. Las características más importantes de estas variedades aparecen en la Tabla 7.

La selección de la variedad a utilizar depende del objetivo perseguido por el agricultor, las condiciones de explotación que posea y de la disponibilidad de mano de obra.

Existen variedades indeterminadas de frijol caupí, con buen comportamiento y adaptación agronómica, que son utilizadas habitualmente por campesinos para el autoabastecimiento familiar y otros fines.

Sin embargo, el hábito de crecimiento en el frijol caupí es fundamental para el establecimiento de las diferencias entre especies y variedades, así como para seleccionar los materiales a sembrar en cada agroecosistema con un objetivo en específico.

Tabla 7. Características de las variedades comerciales de frijol caupí para la producción de grano seco (según MINAGRI, 2014).

Variedades	Color del grano	Días a madurez (Nº)	Rdto. (ton/ha)	Vainas/planta (Nº)	Granos/vainas (Nº)	Peso 100 semillas (g)
Hábito indeterminado						
Carita	B	72 – 82	1,1	21	16	13,9
Habana 82	R	90 – 100	1,1	25	12	11,7
Viñales 144 A	N	90 – 130	2,0	31	18	10,1
Selección Holguín	N	80 – 110	0,9	25	12	13,8
Dame más	R	90 – 110	1,1	20	14	9,8
Hábito determinado						
Titán	C	72 – 80	1,6	22	14	16,0
IITA Precoz	C	64 – 72	1,4	18	14	15,0
INIFAT 93	R	65 – 70	1,0	11	15	12,0
INIFAT 94	N	75 – 80	1,7	11	13	14,0
Trópico 782	C	75	1,6	9	14	15,0
Cubanita 666	N	65 – 70	1,4	14	12	19,0
Incarita Rojo-Nº 1	R	70 – 75	1,8	15	10	23,0

2.5.7. Requerimientos ecológicos y edáficos

▪ Temperatura

Mateo, (1969) y García, (1998b), coinciden en que el frijol caupí es un cultivo de zonas cálidas y tropicales teniendo exigencias similares al maíz. El Caupí está adaptado al calor y soporta altas temperaturas máximas hasta 31°C. Los días tan calurosos con temperaturas de 33°C pueden reducir drásticamente los rendimientos hasta el 50%, en comparación con los obtenidos a 27°C en los cultivos probados para fecha de siembra (Summerfield *et al.*, 1988; Hall *et al.*, 1989).

Las altas temperaturas durante la floración incrementan el aborto o caída de las flores, Summerfield *et al.* (1986), plantea que temperaturas de 35 °C reducen drásticamente los rendimientos en un 50% aproximadamente, si lo

comparamos con los producidos a temperaturas de 27°C. Hall *et al.* (1989), también reporta que, durante la fase de reproducción, las altas temperaturas aceleran la maduración y reducen los rendimientos.

Sin embargo, el Centro Nacional del Arroz y el frijol (CNAF), (1984), afirma que el frijol caupí se desarrolla bien a temperaturas entre 20 y 35 °C. Araujo *et al.* (1988), observó que la longitud de la etapa de llenado de vainas decreció 1,3 días por cada grado de aumento de la temperatura desde 25 °C hasta 27 °C y concluyó que el crecimiento del caupí a temperaturas más bajas pudiera incrementar los rendimientos.

Las temperaturas bajas prolongan todas las fases de desarrollo de la planta. Durante periodos de frío prolongados ocurre el desarrollo excesivo de ramas a expensas del rendimiento. Por debajo de 18°C se afecta la floración al alargarse el ciclo vegetativo. Nielsen y Hall (1985), señalaron que las temperaturas inferiores a 24 °C afectan el crecimiento de la planta y la emisión de yemas florales.

El rango óptimo de temperatura para la formación de los nódulos en las raíces es de 25 a 30°C y al sobrepasar los 31°C, decrece el número de plantas con nódulos formados (Araujo, 1984). Las temperaturas nocturnas entre 19 y 24°C favorecen el crecimiento, floración y producción de granos. La temperatura óptima varía entre 20 y 27°C (Summerfield *et al.*, 1988).

En Cuba el MINAGRI, (1997) señala que el frijol caupí se desarrolla aceptablemente a temperaturas de 20 °C a 35°C por el día. Sánchez (1998), observó en el occidente del País que temperaturas de 28°C combinadas con periodos secos, provocan un aumento de la evaporación, se afecta el desarrollo vegetativo de la planta, se acelera la reproducción y se afecta la emisión de nuevas vainas y el llenado de las mismas.

El estrés por calor daña el crecimiento reproductivo y el rendimiento del caupí: las diferencias genotípicas en tolerancia al calor en la floración han sido identificadas por Nielsen y Hall (1985).

▪ **Humedad**

Este frijol es resistente al estrés por sequía, por lo cual tiene mecanismos fisiológicos para escapar a la deficiencia de agua a través de su ciclo de crecimiento. Las precipitaciones de 50mm por mes son suficientes en suelos con buena capacidad de almacenamiento de agua, García *et al.* (2003).

El mecanismo de resistencia a la sequía conduce al decrecimiento de la tasa de absorción de agua, cuando el suelo comienza a secar independientemente de la estación y de las demandas hídricas durante su ciclo de crecimiento, el potencial hídrico está relacionado con los mecanismos que controlan la tasa de absorción de los folíolos y orientación de estos para reducir los efectos de la radiación solar, en proporción con la absorción (Sánchez, 1998).

Summerfield (1988), señala que el estrés por sequía durante el período reproductivo del frijol caupí, puede acelerar la madurez y reducir sustancialmente los rendimientos.

Shouse *et al.* (1989), consideraron que el valor de 0,82 Mpa, pudiera ser el potencial hídrico crítico foliar durante el medio día, cuando el frijol caupí es muy sensible al déficit hídrico relativamente equivalentes a 1,00 Mpa.

Turk y Hall (1990), señalaron que el mecanismo de resistencia a la sequía conduce al deterioro de la tasa de absorción cuando el suelo comienza a secarse.

Sánchez (1998), plantea que esta leguminosa posee la calidad de ser resistente al estrés de humedad del suelo, debido a que reduce el área foliar total, incrementando la resistencia estomática en el tallo y la raíz, así como un cambio en la orientación de las hojas con respecto a la incidencia de la radiación solar.

El cultivo del frijol caupí puede crecer y desarrollarse durante la época de lluviosa, sin embargo si el suelo se inunda se produce asfixia en su sistema radicular y la planta muere. Algunas variedades de caupí sembrados en sucesión con otros cultivos, aprovechan la humedad residual. El exceso de humedad durante el período de cosecha afecta la calidad del grano, al ser atacado por enfermedades y retrasa la recolección, así como incrementa el

tiempo de duración de la clorofila en el follaje y los tallos, Araujo *et al.* (1984).

Singh *et al.* (1997), recomienda que la época ideal para sembrar las variedades de maduración media, es alrededor de 65-70 días antes del fin de las lluvias, y las variedades extra tempranas alrededor de 45-50 días antes del fin de las lluvias.

▪ **Fotoperíodo**

La planta es de días cortos en su respuesta a la floración. La época de siembra afecta la formación de las flores y de las vainas, favoreciendo el desarrollo vegetativo. Los tipos nigerianos requieren una duración del día menor de 12,5 horas de luz para florecer (Njoku, 1980).

El cultivo del frijol caupí se clasifica por su respuesta reproductora a altas temperaturas y fotoperiodos largos basados en la duración de la yema floral y la formación de las vainas en ocho grupos (Patel y Hall, 1990):

GRUPO 1: Prima 779

GRUPO II: IT 84 0-513; Tvu 4552.

GRUPO III: Quen anne; magnolia; IT 82 0-789.

GRUPO IV: IT 84 0-513; Bush Sitao; Early Pinkege.

GRUPO V: IT 82 E-60; IT 82 E- 25.

GRUPO VI: VITA 3; VITA 4; Pitiuba.

GRUPO VII: Vita 7; Pitiuba; frijol carita; clay.

GRUPO VIII: VCR 450; TN 88-63; N Dout.

Varios grupos de variedades han sido desarrollados por el IITA: los de maduración temprana con 55 a 65 días de ciclo, los de maduración media con 70 a 85 días y los de tipo habichuela listos para cosechar entre 50 y 55 días. En Cuba existen otras variedades tradicionales 85 a 120 días para la cosecha (Singh *et al.*, 1997).

Un fotoperíodo entre 8 y 14 horas normalmente estimula la floración. Las variedades de caupí son fotosensibles con genotipo de días cortos que se adaptan a las latitudes tropicales más altas, entre los 30° de latitud norte y sur

(Summerfield *et al.*, 1988).

Patel y Hall (1990), observaron cambios fisiológicos producto a la combinación de altas temperaturas con días largos (14 horas), provocan supresión del esbozo floral y reducción del tiempo de aparición de las vainas. Resultados similares obtuvieron Natare *et al.*, citado por Sánchez (1998) encontrando diferencias significativas entre varios genotipos. Estos resultados fueron corroborados por Linneman (1991); Linneman and Crauford (1994) y Ellis *et al.* (1994).

El ciclo vegetativo del caupí varía considerablemente para una misma variedad según la época de siembra y es una especie muy sensible al fotoperíodo. Mateo (1989), cita estudios realizados en la Estación Experimental de Tenesse USA con la variedad Wippoowill, que arrojaron los siguientes resultados hasta la recolección del grano:

Sembrado el 15 de abril maduraron en 188 días

Sembrado el 1 de mayo "168"

Sembrado el 15 de mayo "153"

Sembrado el 11 de Junio "132"

Sembrado el 17 de Junio "113"

Sembrado el 29 de junio "110"

▪ **Suelos**

Esta leguminosa se siembra y crece bien en suelos arenosos, ligeros y profundos con un contenido medio de materia orgánica. El caupí puede ser cultivado en suelos donde existan las siguientes condiciones: hidromorfía, al nivel bajo de aluminio por encima del 50% hasta un nivel superior del 90 %; baja capacidad de almacenamiento de agua de 0,1 a 0,4 mm/cm decompactación y baja permeabilidad que interfiere con la penetración de las raíces; restricciones en la perforación del agua; baja fertilidad y exceso de humedad que ocasiona baja aireación, alta acidez y altos niveles de Aluminio (Araujo *et al.*, 1988).

Este cultivo comparte con la mayoría de otras plantas con la habilidad para mejorar la absorción de nutrientes por las asociaciones micorrícicas entre las raíces y los hongos del suelo. Con referencia a la capacidad de fijación del nitrógeno por el caupí, se estima que es de 84 kg/ha si los *Rhizobium* de los nódulos son eficientes (Singh *et al.*, 1997).

2.5.8. Época de siembra

En la literatura cubana especializada en Agricultura, existen pocos artículos sobre la temática de la época de siembra del frijol caupí (García *et al.*, 1996; Caballero *et al.*, 1996 y Sánchez *et al.*, 1996), los que se refieren principalmente a la época de siembra desde el 21 de marzo hasta el 20 de junio, como la más favorable para la siembra masiva de este cultivo. Por lo general se plantea que el período de siembra para la producción de granos de frijol caupí, abarca desde marzo hasta agosto siendo los meses óptimos abril, mayo y junio.

En Cuba las siembras a partir de septiembre pueden limitar el crecimiento, uniformar la madurez y agrupar la cosecha por la menor incidencia de horas luz y bajas temperaturas, esto puede afectar a las variedades indeterminadas que cambian su hábito y todas, por lo general, son más afectadas por la incidencia de virus, mildiu, etc., con la consecuente disminución de los rendimientos. (Méndez y Suárez, 1982; Araujo, 1988; Singh *et al.*, 1997).

La época de siembra tiene un importante significado, especialmente para el valor de los rendimientos, la calidad y el plazo en que se obtiene la producción. Según la fecha en que se ejecute la siembra, las plantas se desarrollarán y crecerán bajo condiciones favorables o desfavorables. La combinación de los factores de los que depende el crecimiento y el desarrollo a través de las diferentes fases, puede ser distinta en cada etapa, e inevitablemente se reflejarán en las posibilidades productivas (Guenkov, 1980).

2.5.9. Preparación del suelo

Esta actividad tiene una gran importancia en los granos y, sobre todo, en los que se siembran en condiciones de secano, debido a que persigue crear un

lecho adecuado para que la semilla germine y el sistema radicular se desarrolle adecuadamente; es por ello que se debe velar por esta actividad, logrando que el suelo quede con una profundidad de 0,25 m o más. El número y tipo de labores estará en dependencia del cultivo anterior, tipo de suelo, humedad, etc. Teniendo en cuenta el tipo de suelo y el cultivo a establecer, así serán las labores a realizar, las cuales se deben hacer en tiempo y forma (García, 1996; Sánchez, 1998).

2.5.10. Densidad de siembra y profundidad

Diferentes autores señalan que la distancia de siembra debe estar por la finalidad del cultivo, del porte de la planta, de su hábito de crecimiento y del tamaño de la semilla. Se recomienda que la cantidad necesaria de semillas para una hectárea oscila entre 35 y 67,3 kg y la distancia entre surcos será desde 0,50 – 0,90 m (MINAGRI, 1996).

Ferry and Janick (1980), justifican un aumento de la producción debido al incremento de las densidades de siembras. Mohdnoor, (1980), encontró incrementos lineales en los rendimientos para variedades entre 67 a 200 mil plantas por hectáreas, mientras que García, (1990) y García *et al.* (1992) recomiendan densidades entre 100 y 150 mil plantas por hectáreas. Sin embargo, otros autores obtuvieron que densidades de siembra de 50 mil plantas por hectáreas, influyeron en un adecuado cierre del campo, un buen comportamiento del rendimiento y sus componentes (Caballero *et al.*, 1994).

Chaveco y García, (2009), en investigaciones sobre el cultivo, plantean que la distancia de siembra debe de estar en función de la variedad, la época, el destino de la cosecha y que algunos estudios efectuados en la provincia de Holguín, así como las experiencias prácticas de la mayoría de los productores, recomiendan que las distancias de siembra más aconsejables son las que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Densidad de siembra de variedades de caupí, según experiencias de la provincia Holguín (Fuente: Chaveco y García, (2012).

Variedad	Distancia entre hileras(m)	Plantas por metro lineal	Miles de plantas por hectárea
Carita	0,70-0,90	7,0-13,5	100-150
Titán	0,60-0,70	9,0-10,5	170
IITA – P.	0,50-0,60	9,2-11,1	220
INIFAT-93	0,45-0,60	8,3-11,1	245

Además, señalan que la cantidad de semilla a emplear estará en función de la época, la variedad, tamaño del grano, destino de la cosecha, etc. pero generalmente oscila entre 16 y 25 kg/ha y que la siembra debe efectuarse preferiblemente con la sembradora neumática SUPN-8 o cualquier otra sembradora de granos; de no disponer de ninguna, se efectuará la siembra manual pero siempre teniendo en cuenta hacer una distribución de los granos lo más uniforme posible que es lo más difícil en este tipo de siembra, además tener muy en cuenta que la profundidad de siembra debe de ser entre 2 y 3 cm.

2.5.11. Atenciones culturales

√ Control de maleza

Según Koch *et al.* (1984) solamente unas 200 especies de malezas son responsables del 95% de todos los problemas y que 12 familias de plantas proporcionan el 70% de sus principales problemas en el mundo. Pérez y Rodríguez, (1984) y Núñez, (1998) plantean que, en términos generales, ocasionan daños a las cosechas que oscilan entre el 15 y el 20% para las zonas templadas y del 25 al 50% para las tropicales, pero en Cuba estas cifras son relativamente conservadoras, pues han registrado valores mayores en investigaciones.

Acuña, (1979), Liberchtein, (1981), Quintero y Alonso, (1980) y Sariol, (1984), coinciden en plantear que las plantas indeseables constituyen los principales rivales de los cultivos agrícolas, al establecer una fuerte competencia con ellas por los nutrientes del suelo, la luz, el espacio, la humedad, etc., provocando

finalmente la reducción de los rendimientos de las especies, influyen negativamente en el crecimiento, desarrollo y calidad de las cosechas e incrementan los costos de producción.

El resultado final de la competencia de las plantas es una reducción del rendimiento o la calidad comercial del cultivo. En muchos cultivos donde no existe un control de malezas durante la temporada, no hay en general producción comercial. No obstante, el resultado de esta competencia es afectado por diversos factores (Zimdahl, 1980).

García, (1996) señala, que estudios efectuados coinciden, que para el control de malezas son necesarios de 2 a 3 deshierbes durante los primeros 45 días después de sembrado, ya que este es el periodo crítico para el establecimiento del cultivo.

Si tenemos en cuenta que el frijol caupí se siembra en la época de primavera, donde existe mayor crecimiento de las plantas indeseables que compiten con el cultivo en cuanto a agua, nutrientes y luz: Debemos realizarle a este cultivo tantas limpiezas como sean necesarias, para que las plantas cierren libres de malas hierbas (Sánchez, 1998).

Existe un periodo crítico que está entre 25 y 30 días después de la siembra, en el cual el cultivo debe permanecer limpio; generalmente después de esa fecha, se produce el cierre de campo en dependencia del tipo de crecimiento de la especie, lo cual regula el crecimiento de las malezas. En grandes extensiones de siembra y cuando sea absolutamente necesario, se recomienda el control químico preventivo y el herbicida Treflán (Trifluralin) al 48% a una dosis de 1,0 - 1,5 kg/ha en presiembra, e incorporado al suelo mediante una labor que se realiza con gradas ligeras posterior a la aplicación (MINAGRI, 1996 y García, 1998b).

√ **Fertilización**

Estudios realizados por el IITA, en suelos y variedades específicas, demostraron pocos resultados con la fertilización nitrogenada y fosforosa, esto tal vez se debe a la excelente nodulación del caupí, es decir, que esta planta es capaz de tomar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en amonio para el aprovechamiento de ella, a través de la simbiosis que efectúa con la bacteria

nitro fijadora del género *Rhizobium* (Cubero, 1983 y Sánchez, 1998). En estudios realizados en la Estación de Investigaciones de Granos de Velasco, se han corroborado estos resultados (García, 1992 y 1998b). Nápoles, (1997), corroboró la efectividad de la fijación biológica de nitrógeno cuando existe déficit del mismo en el suelo.

El frijol caupí para extraer una tonelada de grano por hectárea extrae aproximadamente: 76-4-85 kg/ha de N-P-K, siendo el orden de absorción en forma decreciente de la siguiente manera: K-N-Ca-Mg-S-P (CNAF, 1984). Hernández, (1996), reporta el mismo orden de absorción y recomienda las dosis de 130 y 160 kg/ha de nitrógeno y potasio respectivamente, para aquellos ecosistemas que lo necesiten.

El cultivo es rústico ya que puede prosperar en suelos de baja fertilidad. Para su óptimo desarrollo necesita una fórmula alta en fósforo y baja en nitrógeno ya que es excelente para fijar nitrógeno. Morales, (1991) previo análisis de suelo, recomienda aplicar 100 kg/ha de la fórmula 10-30-10 de N-P-K. Antúnez, (2002) evaluó diferentes dosis de nitrógeno (00, 40, 80 y 120 kg/ha), no encontró respuesta de la planta a la fertilización, suponiendo que este efecto se deba a que la planta es fijadora de nitrógeno, o que el nivel inicial de fertilidad del suelo es alto. También encontró que la adición de nitrógeno al cultivo influye negativamente en la formación de nódulos.

Efecto similar reporta Aguilera y Loayza (1982), quienes al evaluar dos niveles de nitrógeno (0 y 80 kg/ha), no encontraron respuesta de la planta a la aplicación. Jolibois, (1983), al evaluar prácticas agronómicas en dos variedades de frijol chino en el distrito de riego "El Cenizo", Estado de Trujillo, Venezuela, encontró que el cultivo respondió favorablemente a los tratamientos de fertilización 0-60-30 y 40-20-30 de N-P-K.

√ Riego

El caupí es una planta que generalmente se sitúa entre aquellas con buena adaptación en condiciones de secano: La exigencia de agua por etapas de desarrollo debe ser bastante similar a las de frijol común, aunque no en volumen. Para que la germinación se efectúe exige de humedad en el suelo, para el crecimiento la exigencia es media, es muy exigente en la floración y

llenado de las vainas y poco exigente en la etapa de maduración. Como las vainas son finas si a la hora de la cosecha hay lluvia, el grano se mancha fácilmente (García, 1996).

El riego puede efectuarse por aspersión o por gravedad. Durante la germinación en días alternos y posterior a ello, riegos profundos con intervalos de 5 a 7 días. Estos riegos pueden espaciarse en dependencia de las necesidades del cultivo considerándose el número según la época recomendada de siembra. Precipitaciones entorno a los 50 mm/mes son suficientes (García, 1996).

De la germinación a la formación de vainas y granos, requieren cantidades en torno a los 650 mm. Hay dos períodos críticos: la germinación y la floración – fructificación (García, 1990; MINAGRI, 1996 y García, 1998b).

2.5.12. Cosecha

Para la recolección del grano del frijol caupíse debe de tener en cuenta que no todas las variedades de hábito de crecimiento indeterminado maduran uniformemente, cuando haya vainas totalmente maduras, todavía encontraremos cierto porcentaje de vainas verdes según Mateo (1969); el propio autor, añade que el punto apropiado será cuando por lo menos un 90% de las vainas alcancen la total maduración (color pajizo).

Si se quiere recoger de una sola operación la cosecha, correríamos el riesgo de perder una parte importante de los granos debido a que pueden existir vainas aún verdes. Lo mejor por lo tanto, es efectuar una recolección que comprenda la mayor parte de las vainas ya maduras y dejar para una segunda el resto. No obstante en el Oriente del País y específicamente en la provincia de Holguín la cosecha se realiza de una sola vez (García, 1998b).

La cosecha debe realizarse en el momento óptimo, pues de lo contrario se afecta la cantidad y calidad del grano producido. La cosecha anticipada eleva los costos por concepto del tiempo necesario para madurar las vainas y la trilla se realiza con dificultad. En una cosecha tardía la cantidad de semilla se reduce por la dehiscencia de las vainas, el deterioro por la incidencia de hongos y el ataque de insectos y por la dificultad en separar el grano de las

vainas. Esta actividad se realiza preferentemente en días soleados en los cuales no ocurra la incidencia de precipitaciones que puedan entorpecerla (Sánchez, 1999).

La cosecha de frijol caupí se ejecuta manual o mecanizada cuando la vaina toma un color "pajizo". Si la cosecha se realiza de forma manual, en los cultivares de maduración no uniforme se recomienda que las recogidas se realicen con una frecuencia de 7-10 días, lo cual garantiza que recolecten mayor cantidad de vainas y de mejor calidad.

La forma manual de cosecha de este frijol representa el 45 % de los costos de producción. La tecnología de cosecha a utilizar en el frijol caupí, depende de numerosos factores entre los cuales es fundamental el nivel de insumos de que se disponga.

2.5.13. Rendimiento

Para la comprensión del rendimiento se requiere un análisis e investigación detallada sobre genética, fisiología y fenología de la iniciación e interrelaciones de las características de los componentes de rendimiento y de la nutrición mineral y la asimilación de compuestos orgánicos (Nielsen y Hall, 1985).

√ Componentes del rendimiento.

El número promedio de vainas por planta, el de semillas por vainas y la masa promedio de semillas, son los componentes principales del rendimiento en el cultivo. La longitud promedio de la vaina puede ser un indicador del número de semillas por vainas en dependencia de la correlación entre ambos caracteres (Méndez y Suárez, 1982 y Castiñeiras, 1992).

En el cultivo del frijol caupí, a nivel mundial se reportan rendimientos promedios de granos de 0,48 ton/ha (Quin, 1997); sin embargo, en la provincia de Holguín, García, *et al.* (2005), López *et al.* (2009) y Chaveco *et al.* (2010) señalan, rendimientos del cultivo de más de 1,80ton/ha, mientras que Sánchez (2008), en el Occidente del país obtuvo rendimientos del cultivo de 1,55 ton/ha.

2.5.14. Principales plagas y enfermedades

En Cuba, algunos trabajos sobre la evaluación de variedades introducidas y nativas del cultivo, han relacionado las plagas y enfermedades que más inciden en el cultivo, clasificándolas por su incidencia y nivel de daños en:

Claves: Las que causan daños económicos en el cultivo e inciden frecuentemente.

Ocasionales: Provocan daños en el cultivo, pero no lo atacan sistemáticamente ni aparecen con alta frecuencia.

Potenciales: Suelen aparecer cuando el agroecosistema es afectado por un factor externo que altera el equilibrio natural del mismo, provocando el incremento de una plaga o la incidencia de una enfermedad.

El ataque de plagas como los insectos, es la causa principal de los bajos rendimientos en el frijol caupí sobre todo en la época de crecimiento y almacenamiento del cultivo, donde los rendimientos pueden mermar entre 400 y 650 kg/ha (Save, 1996).

Además es importante señalar, que la mayoría de las variedades recomendadas por el IITA son tolerantes a las enfermedades comunes; no así en el caso de la Antracnosis que solo aparecía esporádicamente en el frijol común (Singh *et al.*, 1997) y en el caso del cultivo del caupí es una de las principales enfermedades.

En la Tabla 9, se reflejan las plagas y enfermedades de mayor incidencia en el cultivo acorde a la clasificación anterior, según el INISAV (2012).

Tabla 9. Plagas y enfermedades ocasionales, potenciales y claves que afectan el frijol caupí (Fuente: INISAV, 2012).

Plaga ocasional	Plaga potencial
-Picudo negro del chícharo (<i>Chalcodermus ebeninus</i>) -Maruca (<i>Maruca testulalis</i> Geyer) -Picudo verde azul (<i>Pachnaeus litus</i> Germar) -Gorgojo chino (<i>Callosobruchus chinensis</i>) - Pulgón (<i>Aphis craccivora</i> Koch)	-Pulgón verde (<i>Myzus persicae</i> Sulzer) -Pegapega (<i>Hedylepta indicata</i> L.) -Falso medidor (<i>Trichoplusia nii</i> Hübner) -Acaro Blanco (<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks). -Nemátodo (<i>Meloidogyne incógnita</i> [Kofoid &White] Chitwood) -Nemátodo (<i>Rotylenchulus reniformis</i> Linford y Oliveira). -Palomilla (<i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith)
Enfermedad ocasional	Enfermedad potencial
- Mancha foliar (<i>Alternaria vignae</i>)	-Virus del mosaico del pepino (CMV) -Mancha foliar (<i>Cercospora cruenta</i> Sacc)
Plagas Claves	Enfermedades claves
Minador (<i>Liriomyza trifolii</i> Burges)	Actracnosis (<i>Collectotrichum lindemuthianum</i> Sacc&Magn. Scribner)
Salta hoja verde (<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y Moore)	Fusariosis (<i>Fusarium oxysporium</i> f. sp <i>tracheiphilum</i>)
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Genn.)	Roya (<i>Uromycesappendiculatus</i> [Pers.]Unger)
Crisomérido verde (<i>Diabrotica balteata</i> Leconte)	Podedumbre del cuello (<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn)
Crisomérido común (<i>Cerotoma ruficornis</i> Olivier.)	Tizón cenizo del tallo (<i>Macrophomina phaseolina</i> [Tassi] Goidanich)
Chinche verde (<i>Nezara viridula</i> L.)	Mancha foliar (<i>Cercospora canescens</i> Elios & Martín).
De almacén	Mildió (<i>Erysiphe betae</i> [Vanha] Weltzien)
Gorgojo pintado (<i>Zabrotes Subfasciatus</i> Bosh.)	Bacteriosis <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> [Smith) Vauterin <i>et al.</i> ,

El ataque de plagas como los insectos, es la causa principal de los bajos rendimientos en el frijol caupí sobre todo en la época de crecimiento y almacenamiento del cultivo, donde los rendimientos pueden mermar entre 400 y 650 kg/ha (Save, 1996). Además es importante señalar, que la mayoría de las variedades recomendadas por el IITA son tolerantes a las enfermedades comunes; no así en el caso de la Antracnosis que solo aparecía

esporádicamente en el frijol común (Singh *et al.*, 1997) y en el caso del cultivo del caupí es una de las principales enfermedades.

Por su parte, otras investigaciones desarrolladas en la región oriental del País, por López *et al.* (2008 y 2009), dan a conocer las principales plagas y enfermedades presentes en el cultivo, las cuales se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Principales plagas y enfermedades en siembras realizadas durante todo el año, en la provincia de Holguín (Fuente: López *et al.*, 2008 y 2009).

	Nombre científico	Nombre común	Orden	Familia
Plagas	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca blanca	Hemíptera	Aleyrodidae
	<i>Empoascakraemeri</i>	Saltahojas	Hemíptera	Cicadellidae
	<i>Aphis craccivora</i>	Pulgones	Hemíptera	Aphididae
	<i>Diabrotica balteata</i>	Crisomélidos	Coleóptera	Chrysomelidae
	<i>Andrector ruficornis</i>	Crisomélidos	Coleóptera	Chrysomelidae
	<i>Agromyza sp</i>	Minador	Díptera	Agromyzidae
	<i>Hedilepta indicata</i>	Pegapega	Lepidóptera	Pyralidae
	sp indeterminada	Phycitido	Lepidóptera	Phycitidae
Enfermedades	<i>Uromyces appendiculatus</i>	Roya	Uredinales	Pucciniaceae
	<i>Cercospora sp</i>	mancha foliar	Hongos anamórficos	-
	<i>Erysiphe polygoni</i>	mildiú pulverulento	Erysiphales	Erysiphaceae
	<i>Rhizoctonia solani</i>	podredumbre de la raíz	Ceratobasidiales	Ceratobasidiacea
	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Tizón sureño	Polyporales	Corticaceae
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Tizón ceniciento	Hongos anamórficos	-
	CoPMV	Virus del mosaico del Caupí.	-	-

Se observa, la diversidad de especies pertenecientes a diferentes órdenes y familias, destacándose el orden Hemíptera como el de mayor afluencia.

Varios autores entre los que se destacan Singh y Jackie (1995) en África, Sánchez *et al.* (1998), Lin y Ríos (1999), García *et al.* (2001), reportan 24 especies de insectos, 18 patógenos y siete virus, muchos de los cuales coinciden con los relacionados en el estudio, además de señalar al orden Hemíptera como el de mayor incidencia. Además, la bibliografía consultada sobre este tema a escala mundial, guarda similitud con los organismos dañinos

que son comunes en este tipo de grano tanto en regiones de América, África y Asia, reportándose más de 30 géneros y 100 especies que de una forma u otra causan mermas en los rendimientos del cultivo, siendo de gran interés la ejecución de diferentes estrategias fitosanitarias para el control de las plagas y enfermedades en el cultivo desde su establecimiento, desarrollo, cosecha y almacenamiento (García *et al.*, 1999).

Más recientemente López *et al.* (2011), en correspondencia con algunas problemáticas fitosanitarias del cultivo en la provincia Holguín, realizan un estudio sobre la micoflora fungosa asociada al frijol caupí en 12 localidades de la provincia de Holguín (Tabla 11) y su frecuencia de aparición (Tabla 12).

Se muestran los agentes fungosos encontrados en filosfera y rizosfera del cultivo, donde se observa la presencia de 16 géneros y 27 especies. De estos organismos detectados se plantea, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phoma sp* ambas en Filosfera, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium solani* y *Phythyium aphanidermatum* en Rizosfera y todos los agentes detectados en semilla, pueden constituir nuevos reportes para Cuba, según la bibliografía consultada en el trabajo, entre las que se destacan los autores de los tres últimos catálogos de hongos fitopatógenos en Cuba: Seidel (1976), Arteaga (1986) y Arnold (1987), así como los trabajos de investigación desarrollados por Lahirigoyen (1989), García *et al.* (1990, 1992, 1993, 1996), Chaveco (1996), Sánchez *et al.* (1992 y 1996), Mosquera *et al.* (1996), Caballero *et al.* (1996), Gómez *et al.* (1996a), Brizuela (1996), Díaz *et al.* (1996), Zamora (1999), Santiesteban (2000), Escalona (2002) y el MINAGRI (2003).

También se menciona que *Cercospora canescens*, *Collectrotrichum sp*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phoma sp* detectadas en la Filosfera del cultivo, así como *Fusarium moniliforme* en Rizosfera y los detectados como patógenos de la semilla, pueden constituir nuevos reportes para el mundo, según la bibliografía nacional e internacional que ha sido consultada durante el estudio.

Tabla 11. Agentes fungosos asociados al fríjol caupí en 12 localidades de la provincia de Holguín, según López *et al.* (2011).

PARTES DE LA PLANTA	ORGANISMOS DETECTADOS
Filosfera (Hojas, tallos, vainas y flores)	<i>Cercospora canescens</i> . Elios & Martín. ♦
	<i>Cercospora cruenta</i> Saac.
	<i>Choanephora cucurbitarum</i> (Berk. Et Rav.) Thaxter.
	<i>Collectotrichum</i> sp♦
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.)Griff. Et. Maubel. ♦♣
	<i>Phoma</i> sp♦♣
	<i>Uromyces appendiculatus</i> (Pers.)Fr.
	<i>Erysiphe polygoni</i> DC.
Filosfera (Semillas)	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler♦♣
	<i>Cercospora</i> sp♦♣
	<i>Cladosporium</i> sp♦♣
	<i>Collectotrichum</i> sp♦♣
	<i>Corynospora cassicola</i> (Berk. Et. Curt). Wei. ♦♣
	<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn♦♣
	<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc. ♦♣
	<i>Fusarium oxysporium</i> Schlecht Ex. Fr. ♦♣
	<i>Fusarium</i> sp ♦♣
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.) Griff. Et. Maubl. ♦♣
	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi.) Goid.♦♣
	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn♦♣
Rizosfera (Cuello y raíz)	<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon. ♦♣
	<i>Fusarium oxysporium</i> Schlecht Ex Fr.
	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.♣
	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid.
	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.
	<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.
	<i>Phythium aphanidermatum</i> .♣

♦ Pueden constituir reportes para el mundo.

♣ Nuevos reportes para Cuba.

En correspondencia con lo anterior, George (1988) en Texas; Patel (1989) y Fery (1990) en investigaciones sobre la genética del caupí en el sur de California; Fery *et al.* (1991) en Missisipi y Miller *et al.* (1992) en Louisiana en investigaciones realizadas en este cultivo, dan a conocer un listado de los principales organismos patógenos que afectan este grano, sin mencionar la presencia de *Cercospora canescens*, *Collectotrichum sp*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phoma sp*, *Fusarium moniliforme* y no incluyen los agentes presentes en semilla.

Por su parte, Emechebe y Shoyinka (1995) en investigaciones sobre las enfermedades del caupí en diferentes países de África, publican un listado de las principales patógenos asociados al caupí en África, muchos de los cuales coinciden con los organismos detectados en el estudio, a excepción de *Cercospora canescens*, *Collectotrichum sp*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phoma sp*, *Fusarium moniliforme* y no relacionan los hongos presentes en la semilla.

Lin y Ríos (1999), en un folleto editado sobre las enfermedades del caupí y su prevalencia en América Latina, mencionan la presencia de distintas enfermedades en América Central, y las encontradas en las Islas del Caribe en las que no se incluyen los agentes antes mencionados, ni se hace referencia a los encontrados en la semilla del caupí.

Bolaños *et al.* (2000) en Ecuador y Montealegre *et al.* (2001) en Chile, en estudios sobre las plagas y enfermedades que afectan al cultivo, tampoco señalan la presencia de estos patógenos en las diferentes publicaciones realizadas.

En cuanto, al cálculo de la frecuencia de aparición de los organismos encontrados en las 12 localidades evaluadas de la Provincia de Holguín, los resultados se muestran en la Tabla 12.

Se aprecia, que los patógenos presentes en la Filosfera evidenciaron una frecuencia de aparición relativamente similar para todos los casos, a excepción de *Fusarium sp*, *Cercospora sp*, y *F.oxysporium* detectados en la semilla del caupí, que obtuvieron los más bajos valores.

Tabla 12. Frecuencia de aparición de la micoflora detectada en el cultivo del frijol caupí, en las 12 localidades evaluadas, según López *et al.* (2011).

Partes de la planta	Organismos Detectados	Frecuencia de Aparición (%)
Filosfera (Hojas, tallos, vainas y flores)	<i>Cercospora canescens</i>	41,8
	<i>Cercospora cruenta</i>	47,9
	<i>Choanephora cucurbitarum</i>	26,5
	<i>Collectotrichum sp</i>	37,8
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	26,9
	<i>Phoma sp</i>	22,8
	<i>Uromyces appendiculatus</i>	57,8
	<i>Erysiphe polygoni.</i>	42,9
Filosfera (semillas)	<i>Alternaria alternata</i>	46,3
	<i>Cercospora sp</i>	6,17
	<i>Cladosporium sp.</i>	47,15
	<i>Collectotrichum sp</i>	41,64
	<i>Corynospora cassiicola</i>	20,47
	<i>Curvularia lunata</i>	27,64
	<i>Fusarium equiseti</i>	48,73
	<i>Fusarium oxysporium</i>	11,79
	<i>Fusarium sp</i>	1,76
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	27,81
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	61,89
	<i>Rhizoctonia solani</i>	59,70
Rizosfera (Cuello y raíz)	<i>Fusarium moniliforme</i>	69,4
	<i>Fusarium oxysporium</i>	67,6
	<i>Fusarium solani</i>	82,7
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	86,4
	<i>Rhizoctonia solani</i>	88,3
	<i>Sclerotium rolfsii</i>	83,5
	<i>Phythium aphanidermatum.</i>	68,9

Mientras que *M. phaseolina* y *R. solani* fueron los que evidenciaron los porcentajes más altos en la semilla así como en la rizosfera del cultivo con valores de 86,4 y 88,3% respectivamente, siendo estos patógenos del suelo los que obtuvieron los mayores porcentajes de frecuencia de aparición en el

cultivo, en la provincia de Holguín.

De forma general, los resultados alcanzados señalan a *R. solani* como el patógeno que más incide en el cultivo del frijol caupí en la provincia de Holguín, debido a los porcentajes de frecuencia de aparición con valores del 88 %.

2.5.15. Control de plagas y enfermedades en el cultivo

Según el INISAV (2003), debe tenerse en cuenta que la aplicación de plaguicidas químicos incrementa las poblaciones de plagas al eliminar los enemigos naturales, por ello debe vigilarse el porcentaje de parasitismo y aplicar preferentemente productos biológicos.

La lucha biológica con biopreparados debe ejecutarse contra cada plaga o enfermedad según su especificidad y tomando las siguientes precauciones:

- Efectuar las aplicaciones después de lluvia y riego.
- No regar cuando concluya la aplicación.
- Proteger todo plaguicida de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Realizar una correcta técnica de aplicación: momento oportuno y cobertura óptima.

√ Plagas. Medidas generales contra plagas

1. Empleo de la lucha biológica: *Bacillus thuringiensis* cepas LBT-24 contra minador, LBT-3 y tabaquina contra saltahojas y chinche verde, *Verticillium lecanii* y tabaquina contra mosca blanca y *Beauveria bassiana* contra crisomélidos.
2. Buen manejo agronómico y eliminación de hospedantes.
3. Uso de policultivos y rotación de cultivos.
4. Uso de variedades resistentes.
5. Aplicar insecticidas sistémicos, contacto – ingestión tales como: Bi-58, Amidor, Dipterex contra Minador (sí el parasitismo es inferior al 30%); Amidor y Malathion contra Salta hoja y Chinche, Carbaryl, Malathion, Karate, Bi-58, M. Parathiom y Endosulfan contra mosca blanca, Malathion, Carbaryl y Karate contra crisomélidos y Carbaryl 5% y Fosfamina contra gorgojos.

-
6. Para el control de plagas en el almacén utilizar polvo de tabaco, semillas de árbol del Nim o polvo de sazafrás, aceite vegetal, hermetizar y vaporizar gasolina en recipientes herméticos, etc.

Otra alternativa que puede utilizarse en la lucha contra plagas, se realiza a través de la aplicación de productos naturales extraídos de plantas tales como el árbol del Nim (*Azadirachta indica*), también se utiliza la siembra de plantas aromáticas, plantas trampas y plantas barreras (ej. Sorgo contra la invasión de la mosca blanca).

Resultados de investigaciones recientes promueven el uso de las hojas verdes o secas de la planta de Sasafrás (*Bursera graveolens* (H.B.K) Triana & Planch) para conservar el grano durante un período de tiempo de 12 a 18 meses (SAVE, 1996; MINAGRI, 2003).

√ **Enfermedades. Medidas generales contra enfermedades**

1. Utilizar semilla certificada.
2. Destruir restos de cosecha.
3. Evitar colindancia.
4. Eliminar hospedantes.
5. Emplear variedades resistentes.
6. Sembrar en suelos con buen drenaje.
7. Erradicar las malezas.
8. Emplear rotación de cultivos.
9. Aplicar fungicidas como Oxiclورو de Cobre (1,5 – 2,3 kg/ha), Zineb(1,2 -1,6 kg/ha), Policarbazin (1,5-2,0 kg/ha), Bayleton (0,25 kg/ha), Benomyl (0,05 kg/ha) y/o Mancozeb 1,6-2,4 kg/ha.
10. Cuarentenar áreas afectadas, evitar daños en raíces, desinfectar los implementos de cultivo, etc.
11. Aplicar *Trichoderma* en suelos infestados por hongos del suelo.

2.6. *Rhizoctonia solani*

Rhizoctonia solani es la más abundante de las especies conocidas de *Rhizoctonia*, tiene una amplia distribución geográfica y rango de tolerancia ecológica para adaptarse a diferentes regiones condiciones climáticas, así

como un vasto número de hospederos (Cubeta y Vilgalys, 1997; Wharton *et al.*, 2007). Este hongo causa cuantiosas pérdidas a varios cultivos agrícolas y puede permanecer entre la maleza y el suelo durante mucho tiempo.

2.6.1. Origen, historia, propagación importancia económica

En 1858, Julius Kühn, el fundador de la fitomedicina agrícola, dio el nombre de *Rhizoctonia solani* a un hongo que aislaba de papas infestadas. Este hongo se encuentra repartido por todo el mundo y en prácticamente todos los tipos de suelos. Antes, vivía en suelos no cultivados, pero poco a poco, llegó a establecerse en muchos cultivos agrícolas y hortícolas.

Durante mucho tiempo, su gran variabilidad impedía que se le atribuyese inequívocamente a ciertos hospedadores. Hoy, se sabe de innumerables estudios que existen distintas razas de este patógeno, clasificadas en grupos de anastomosis (AG). Según el grupo de anastomosis, *R. solani* puede atacar a distintos cultivos, por ejemplo remolacha azucarera, patatas, cereales, colza, maíz, soja, frijoles, hortalizas y otros.

Desde hace muchos años, este hongo existe como patógeno de relevancia económica en Estados Unidos, Chile, Japón, Europa meridional y central, América Latina y África. Según estimaciones de varios autores, la superficie infestada en la Unión Europea se cifró en unas 70 000 ha en el año 2000, con tendencia al aumento en los años venideros.

A menudo, *R. solani* provoca grandes daños en plantas individuales. Las pérdidas de rendimiento son muy variadas y dependen de la fecha de infección y del tamaño de la superficie infestada. Se pueden cuantificar entre 2 y más de un 50 por ciento.

Fue reportada por primera vez por Atkins y Lewis (1954) en Louisiana, Estados Unidos, en el cultivo de la Soya, los cuales indicaron que el patógeno posiblemente inducía daños en tallos y raíces por acción de productos metabólicos excretados, haciéndose el daño evidente aun antes de que el hongo estuviera en contacto directo con el hospedero. Este fenómeno fue estudiado con detalle por estos mismos investigadores, detectándose el efecto sobre raíces secundarias y primarias de plántulas de soya, se comprobó que la

invasión del hospedero ocurría posteriormente al daño causado por los metabolitos mencionados.

Luego de estas primeras observaciones, el hongo es reportado en distintas partes del mundo, también en semillas de frijol caupí por varios investigadores como: Leach y Pierpoint (1958), Neergard (1958), Noble y Richard (1968), Oneirosan (1975) y Díaz (1978).

Las enfermedades ocasionadas por este hongo del suelo, el cual es muy común en la flora de los suelos de las regiones productoras de este cultivo a escala mundial, tienen gran importancia económica, pues la pudrición de la raíz de la planta de frijol conocida como pudrición por *Rhizoctonia* que es causada por el patógeno, forma parte de un complejo de hongos patógenos que constituyen las llamadas pudriciones radiculares.

Las semillas en su proceso de germinación y las pequeñas plántulas, pueden ser atacadas y dañadas, pudiendo afectarse en forma muy considerable la población de plantas en el terreno de cultivo al causar su muerte. El daño causado por *R. solani* ha sido reportado en la Región Oriental en la Costa del Golfo de México y en las zonas productoras de Durango. Se han observado disminuciones en rendimiento hasta del 35%, atribuibles al complejo de pudriciones radiculares en las regiones húmedas y cálidas de Estados Unidos, fundamentalmente al sur de California y al norte de Carolina, con pérdidas en los rendimientos entre un 45 - 50% (Horn *et al.*, 1980; Tachibana *et al.*, 1981; Joye *et al.*, 1986).

En el sur de África, Asia y la India también se han reportado daños producidos por este hongo en los cultivos de soya, frijol común, caupí, algodón etc., con valores entre 30 - 50%, aunque en algunas zonas densamente cultivadas se han presentado afectaciones de un 90 % (Phillips *et al.*, 1990).

Díaz *et al.* (1996) en estudios realizados en Venezuela señala, que la importancia económica de las enfermedades producidas por este hongo reside principalmente en el ataque a plántulas, en donde produce necrosis de la base del tallo y cuando existen condiciones de alta humedad, se observa necrosis foliar extensa en plantas adultas; la semilla invadida por el patógeno tiene baja germinación y las pocas plántulas que logran germinar, aparecen con lesiones

en diferentes tejidos, presentando alta mortalidad durante el período inicial de su desarrollo.

Este es un daño de importancia que en condiciones de campo afecta la densidad de población, comprometiendo la producción del grano. Además contribuye al aumento poblacional de *R. solani* en campo, lo cual a su vez podría repercutir en el nivel de infección de siembras posteriores, como de otras plantas cultivadas hospederas del mismo patógeno.

En diferentes estudios agronómicos sobre el cultivo del fríjol caupí y las vignas en general en áreas del Oriente y Occidente de Cuba, Sánchez *et al.* (1998), García *et al.* (2001), Escalona *et al.* (2002) y López *et al.* (2010), indican que desde el punto de vista económico las pudriciones radiculares producidas por estos hongos del suelo, principalmente por *R. solani* son la causante de pérdidas en los rendimientos entre un 45 - 55%, siendo esencial un manejo adecuado de los suelos, el cultivo y la semilla a utilizarse.

2.6.2. Clasificación sistemática

Este hongo se clasifica dentro de la Clase Deuteromycetes u hongos imperfectos, Orden Mycelia sterilia. En su etapa perfecta se corresponde con *Thanatephorus cucumeris* (A. B. Frank) Donk, Familia Ceratobasidiaceae, Orden Cantharellales, Subclase Incertae sedis, Clase Agaricomycetes, División Basidiomycota, Reino Fungi (Index Fungorum, 2008).

R. solani, la especie más ampliamente reconocida de *Rhizoctonia* fue descrita originalmente por Julius Kühn en la papa, en 1858. *R. solanies* un hongo basidiomiceto que no produce esporas asexuales (conidios) y sólo de vez en cuando el hongo produce esporas sexuales (basidiosporas). En la naturaleza, este patógeno se reproduce asexualmente y existe principalmente como forma vegetativa (micelio o esclerocios).

A diferencia de muchos hongos basidiomicetos, las basidiosporas no están encerradas en una estructura carnosa. Las estructuras de fructificación sexual y basidiosporas (es decir, teleomorfo) fueron observados por primera vez y descritos en detalle por Prillieux y Delacroix en 1891. El estado sexual de *R. solani* ha sufrido varios cambios desde el nombre de 1891, pero ahora se

conoce como *Thanatephorus cucumeris*.

Se encuentra frecuentemente en los suelos de diferentes cultivos, posee una gran diversidad de plantas hospederas y este hongo fue clasificado en un solo grupo taxonómico que se caracteriza por poseer micelio estéril (Cubeta *et al.*, 1997).

2.6.3. Hospederos

Algunas plantas de la familia del fríjol común (*P. vulgaris*) son atacadas por este patógeno, así como otros cultivos entre los que se encuentra la alfalfa, soya, cacahuete, fríjol lima, papa, calabacita, papaya, maíz, pimiento, varios tipos de hortalizas y muchas más.

Farr *et al.* (2003), enumeró más de 500 especies de plantas hospederas de este patógeno, mientras que Hernández *et al.* (2006) señalan, que 20 especies de arvenses y ruderales son hospedantes de *R. solani*. En la tabla 13, aparecen detalladas algunas de estas especies.

Por otro lado, Echague *et al.* (2008) reportan la presencia de *R. solani* en el cultivo del maíz, manifestándose la enfermedad en forma de manchones dentro del área, además señalan que el establecimiento de la enfermedad está relacionado con la siembra directa, puesto que la semilla utilizada no es de optima, reportándose por esta causa varios cultivos hospederos a este patógeno.

Tabla 13. Principales especies de arvenses y ruderales hospedantes de *R. solani*, según Hernández *et al.* (2006).

EspecieNombre Científico	
Cadillo ¹	<i>Xanthium strumarium</i> L.
Colza ¹	<i>Bidens odorata</i> Cav.
Correhuela anual ¹	<i>Ipomea purpurea</i> (L) Roth
Falso diente de león ¹	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
Girasol silvestre ¹	<i>Helianthus annus</i> L.
Hierba amargosa ²	<i>Helianthus ciliaris</i> DC.
Quelite ²	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson.
Rodadora ²	<i>Salsola iberica</i> Sennen & Pav.
Trompillo ²	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.
Verdolaga ¹	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Zacate johnson ²	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.
Zacate pata de gallo ²	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
Zacate pegarropa ¹	<i>Setaria verticillata</i> (L.) Beauv.
Zacate pinto ¹	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link

¹Se encontraron como arvenses.² Se encontraron como arvenses y ruderales.

2.6.4. Distribución

Se encuentra distribuida a nivel mundial en todas las zonas en donde se producen diferentes especies vegetales, en todas las regiones productoras de frijol caupí y en todas las zonas productoras de granos, así como en Asia, África y América Latina.

Desde hace muchos años, este hongo existe como patógeno de relevancia económica en Estados Unidos, Chile, Japón y Europa meridional, pero en Europa central no tenía importancia económica hasta comienzos de los años ochenta. Según estimaciones, la superficie infestada en la Unión Europea se cifra en unos 70 000 ha en el 2000, con tendencia al aumento en los años venideros (Gutiérrez *et al.*, 1997).

2.6.5. Sintomatología

Tachibana *et al.* (1981), Anderson (1982); Patel (1989), Thurston (1990) y Muyolo *et al.* (1993) citado por Díaz (1996), coinciden en plantear que este

hongo ataca las semillas en germinación, las raíces y las plántulas; así mismo puede afectar las ramas y vainas que estén en contacto con el suelo. Los momentos más críticos del daño ocurren durante las etapas de desarrollo vegetativo V_0 (germinación) y V_2 (primera hoja trifoliada) de la fenología del cultivo del frijol, siendo precisamente en estas etapas cuando las pequeñas plántulas son más susceptibles al hongo.

Si el ataque ocurre durante la germinación, entonces se produce un ahogamiento preemergente de las plántulas. Si el ataque se produce después de la emergencia, el síntoma más frecuente se observa en las plántulas con lesiones hundidas de color café rojizo en el hipocótilo. Estas lesiones son de forma alargada y a veces circulares, cuyo borde se vuelve áspero y seco.

En las plántulas afectadas la infección puede seguir dentro de la médula, la cual toma una coloración rojo-ladrillo, este daño generalmente causa el doblamiento de las plántulas y su muerte. A medida que avanza el desarrollo de las plántulas a partir de las tres semanas después de la siembra, las pequeñas plantas se van haciendo más resistentes al ataque del hongo.

Los síntomas externos observados en la semilla, especialmente incrustaciones miceliarias externas, lesiones producidas por hundimientos y coloración anormal del integumento, están asociados a la presencia de *R.solani*.

Debe notarse que la actividad saprofítica en tejido previamente necrosado por *R.solani*, es desempeñada por la acción de especies del género *Fusarium*, correspondiendo la mayor abundancia de biotipos de este género, la menor actividad de otros hongos y bacterias saprofíticas. Esto parece indicar que la sucesión ecológica del tejido invadido por *R. solani*, está íntimamente ligada a la actividad de especies del género *Fusarium*, especialmente a formas saprofítica de *F. oxysporium*.

Descripción: Las características morfológicas del hongo *R. solani* se pueden identificar en los aislamientos como sigue:

- Produce células multinucleadas en las hifas vegetativas jóvenes.
- Se observa un aparato esporífero en el septo.

- Sobre las ramificaciones de las hifas se observa una constricción en la unión con la hifa principal.
- Se observa una ramificación hifal cerca del septo distal de las cápsulas.
- En algunos aislamientos se presentan esclerocios de color café negruzco.

Uno de los síntomas, es un repentino debilitamiento del pecíolo que causa que las hojas se doblen hacia abajo cercanas al tallo. La base de los tallos o raíces de cada planta frecuentemente muestran una pudrición acuosa de la raíz color café y las plantas eventualmente mueren. La causa no ha sido determinada pero los hongos *Rhizoctonia* y *Fusarium* han sido aislados a partir de las raíces.

En la etapa de germinación del frijol, las plántulas son atacadas por este patógeno. Los síntomas son manchas rosáceas, las cuales pueden ser hundidas, y que se comienzan a multiplicar para finalmente matar a las plantas. Sobre las pudriciones comúnmente se caracteriza un collar de color café-rojizo a café sobre plantas jóvenes.

Estas pudriciones inhiben el crecimiento normal y causan la detención del crecimiento, o bien dan como resultado de la invasión de este patógeno a plantas con bajo vigor. También se observa la formación de un callo que se marca un collar en el área afectada. La pudrición de la raíz se da en cualquier época del año. Las pudriciones radiculares por *Rhizoctonia* tienden a disminuir el vigor y rendimiento de las plantas.

Los diferentes estadios de la infección provocada por *R. inoculo* aparecen en la Foto 5, donde primeramente se notan en la raíz pequeños puntos rojizos alargados, que con el tiempo crecen y pueden llegar a formar chancros rojizos, hundidos, oscuros. La raíz principal se deforma y se ven los tejidos internos.



Foto 5. Diferentes estadios de la infección provocada por *R. solani*
(Fuente: www.redsicta.org)

En general las pudriciones son de color café a café-verdosas, circulares y hundidos. En zonas con altas temperaturas, se da una destrucción rápida de tejido sano y las hojas y tejidos se cubren con micelio del hongo.

2.6.6. Biología y epidemiología

R. solani produce un crecimiento en forma de hilos o fibras llamado hifa (plural, hifas), a las largas masas de hifas se le conoce como micelio (Foto 6).

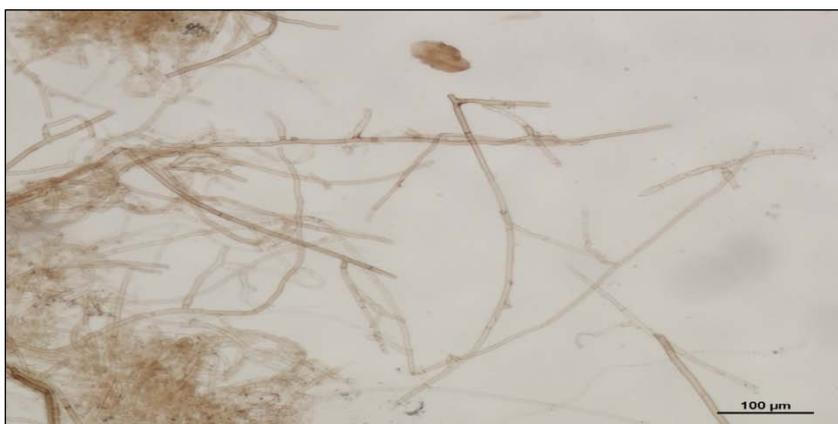


Foto 6. Hifas de *R. solani* aisladas de las cepas evaluadas.
(Unidad de microscopía (SAI) de la UDC. Foto tomada por la autora).

Las hifas de *R. solani* tienen las siguientes características:

- 1) Algunas tienen tonos de color café.
- 2) Un tipo especial de paredes cruzadas junto con las hifas, llamadas pared septada.
- 3) Cada célula es multinucleada (tienen muchos núcleos) en vez de binucleada.
- 4) Ramificaciones que son producidas en ángulos rectos.
- 5) Esporas no sexuales son formadas por el micelio.

En la Foto 7, se muestran las hifas de *R. solani* en las que se observan los núcleos de la célula.

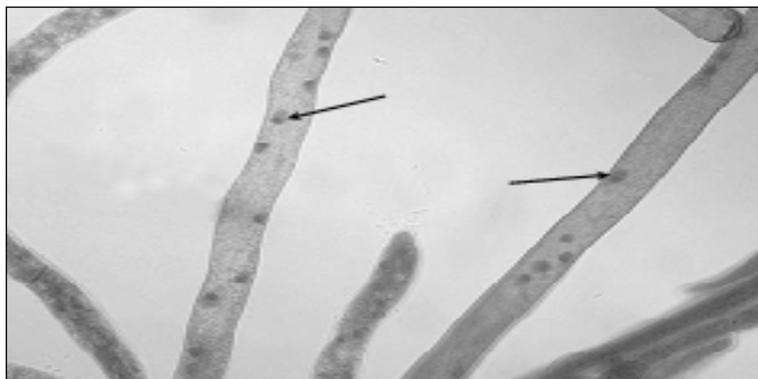


Foto 7. Hifas de *R. solani* en las que se observan los núcleos de la célula (Fuente: www.redsicta.org).

Estos hongos con hifas características similares a *R. solani*, pero con solo dos núcleos por célula, son llamadas tipos binucleadas y por lo general no son patogénicas, son saprofitas, no causan enfermedad y crecen sobre materia orgánica en descomposición. Para la identificación de este patógeno se tienen en cuenta los tipos de hifas que el mismo posee, tal y como aparecen en la Figura 14.

En general, el crecimiento promedio de *R. solani* es muy rápido y un aislamiento típico puede crecer más de 90 mm en cajas de petri en tres días. Se producen células pequeñas y ovaladas en canales ramificados o en grupos. Estos son llamadas células monilioides y tienen una pared celular ligeramente gruesa, que el micelio. A la gran cantidad de agregados de estas células son

llamadas esclerocios, las cuales son de negras a cafés y miden de 3,5 mm de largo.

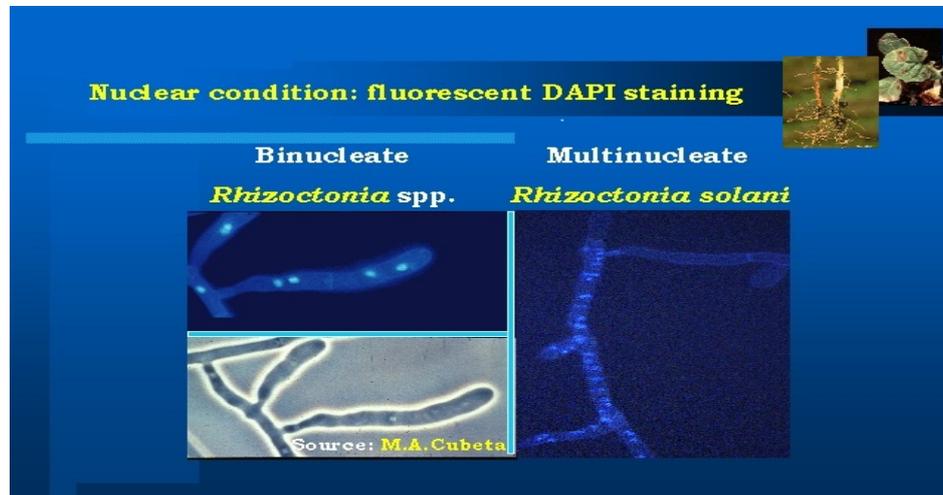


Figura 14. Tipos de hifas características de *R. solani* (Fuente: <http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Rhizoctonia/ldent01>).

Tras la invasión del huésped por *R. solani*, las esporas sexuales se forman en estructuras especializadas llamadas basidios. Cuatro esporas se producen sobre cada basidio. El basidio se forma cuando el ambiente es húmedo y óptimo para que el desarrollo del hongo ocurra. Las basidiosporas son dispersadas por el viento y germinan con la humedad. Cada basidiospora tiene un núcleo simple. Las hifas se producen por la germinación de esporas (anastomosis), formando nuevas hifas con una mezcla de diferentes tipos de núcleos.

Las observaciones de las basidiosporas sobre tejidos enfermos de los cultivos hospederos no son comunes. Se han desarrollado muchos métodos para producir basidiosporas en cultivos puros, pero han sido muy difíciles de mantener.

En años recientes, el reconocimiento de diferentes grupos de anastomosis ha ayudado a comprender la complejidad de este gran grupo de hongos. Teniendo esporas no asexuales y solo las pocas características morfológicas para definir a los aislamientos de *R. solani*, muchos hongos fueron colocados dentro de

estas especies. Sin embargo, cuando los aislamientos se han juntado, solo se relacionan la pared del micelio que se funde y estos grupos de anastomosis se han definido por poner una prueba aislada.

La literatura científica conoce numerosos aislamientos de *R. solani*. Un llamado test de compatibilidad sirve para verificar si las hifas de dos aislados distintos son capaces de fusionarse. Según su compatibilidad, se clasifican los aislados en grupos de anastomosis (AG). Estos grupos se diferencian uno del otro sobre todo en cuanto a sus hospederos y las temperaturas que necesitan en el momento de infestar.

Hasta ahora, 12 grupos de anastomosis quedan descritos a nivel mundial y puede atenderse a una diferenciación aún más precisa, utilizando nuevos métodos de la biología molecular y de la bioquímica. Dentro de los distintos grupos de anastomosis, existen subgrupos caracterizados por un grupo más o menos restringido de hospedadores.

Epidemiología

Este patógeno sobrevive en el suelo junto con las enfermedades hospederos del material de esclerocios y puede persistir en el suelo por años, especialmente desde la gran cantidad de plantas hospederas. Cuando las semillas de frijol se siembran en suelos infestados, los hongos atacan la raíz joven o el hipocótilo de la plántula germinada. En ambientes húmedos, las plántulas se pudren y mueren, mientras que las plántulas que sobreviven tienen una raíz o pudriciones basales. Las pudriciones circulares son causadas por este patógeno. La esclerocia formada en el tejido hospedero permanece viable en el suelo.

El patógeno se transporta en suelos infestados através de movimientos de plántulas infestadas o semillas enfermas. Potencialmente la contaminación por el inóculo desde la semilla también existe. También las basidiosporas son transportadas por el viento, su papel en el inicio de la enfermedad no se ha considerado importante, excepto para enfermedades foliares en alta humedad.

Los suelos pesados, compactados, mal drenados, mal estructurados con tendencia a humedad excesiva, así como temperaturas altas en primavera y

verano (mayor de 25°C) favorecen el desarrollo de la enfermedad. En ciertos países como los Países Bajos, este hongo está igualmente presente en suelos arenosos con alto nivel del agua subterránea.

R. solani se conserva en el suelo en forma de esclerocio o de micelio viviendo de la materia orgánica. Es decir, porcentajes altos de materia orgánica favorecen los ataques. Por su alto potencial saprófito, el hongo puede sobrevivir en forma de micelio sobre materia orgánica durante tres años. La actividad del hongo comienza cuando suben las temperaturas del suelo (mayor de 15°C). Después de desarrollarse en la superficie de la raíz o de los pecíolos (en contacto con el suelo), las hifas penetran el tejido vegetal por medio de enzimas que disuelven las paredes celulares. Se ha podido comprobar en ensayos, que *R. solani* GA 2-2IIIB puede infestar no sólo los pecíolos, sino también la corona y el tejido de la raíz. Lugares de entrada preferidos son la parte inferior de los pecíolos, fisuras naturales en la corona y lenticelas en las raíces pivotantes y laterales.

En el tejido vegetal, el hongo puede propagarse tanto dentro como entre las células. La planta queda fuertemente dañada y/o muere porque el hongo se ataca a los vasos, dificultando o incluso rompiendo el abastecimiento con agua y sustancias nutritivas.

Desde el punto de vista epidemiológico, la propagación del hongo por partículas de tierra (p.ej. máquinas de preparación del suelo, máquinas de arranque), pero también por erosión hídrica y eólica (aguas de drenaje, irrigación) es posible pero no tiene importancia. Se supone más bien que *R. solani* existe en todos los tipos de suelos, y que la aparición de la enfermedad es debida a factores exteriores que favorecen su crecimiento (rotación, clima, daños estructurales del suelo, disponibilidad de agua, p.ej. mediante irrigación). Esto es la única posibilidad de explicar el hecho de que los ataques de esta enfermedad se hayan producido mucho más frecuentemente estos últimos años, casi simultáneamente en Francia, Alemania, los Países Bajos y otros países europeos.

Según Díaz *et al.* (1996), la severidad del daño que pueda causar la pudrición radicular provocada por *R. solani* depende de la temperatura, de la humedad

del suelo y de los exudados de la planta y sus raíces, los cuales se ha encontrado que estimulan el crecimiento del micelio.

La temperatura óptima del suelo para que se desarrollen las lesiones típicas en el hipocótilo de las plántulas es de 18°C, sin embargo con la prevalencia de temperaturas más altas el porcentaje de estas lesiones es menor. La multiplicación y reproducción del hongo se lleva a cabo por medio de esclerocios, micelios y basidiosporas.

El patógeno puede ser transportado a otras áreas de un terreno a través de las aguas de riego; así mismo, los esclerocios y las esporas pueden ser diseminados por el viento a otros sitios. El hongo puede prevalecer en el suelo en forma de esclerocios con los residuos de cosecha. Las semillas infectadas, tanto interna como externamente, es otro medio a través del cual la enfermedad puede ser transferida a otros lugares.

La variabilidad de *R. solani* es muy abundante y ha sido estudiada en diversos países del mundo (Phillips *et al.*, 1990; Sneh *et al.*, 1993; Escande *et al.*, 1994), pero casi toda la información recolectada, aún en hospederos que no pertenecen a las leguminosas, tiende a indicar que pueden presentarse daños considerables si la temperatura y la humedad son altas y el cultivo se encuentra en su período inicial de crecimiento (Harris *et al.*, 1991 y Kamiski *et al.*, 1992).

Epifitias de importancia en soya han sido reportadas en Estado Unidos, cuando períodos de altas temperaturas (promedio de 26°C) se alternan con días de lluvias abundantes, especialmente cuando estas condiciones coinciden con plantaciones jóvenes (Muyolo, 1992). En condiciones como éstas, ocurre transmisión por semilla y desarrollo de infección en las partes aéreas de las plantas (Ogoshi *et al.*, 1987; Mordue *et al.*, 1989), detectándose pérdidas hasta de 48% en la producción.

Por su parte Lim *et al.* (1989), en investigaciones realizadas en Malasia apuntaron que este hongo crece bien y produce abundantes esclerocios a temperaturas altas de 24°C con un óptimo de 28°C y humedad de 95%, siendo estos factores los que más inciden en el desarrollo y epidemiología de la enfermedad.

Díaz *et al.* (1996) señalan, que el patógeno es indudablemente un peligro potencial en áreas de gran extensión bajo cultivo, cuando las condiciones climáticas favorables al hongo (humedad y temperaturas altas) coincidan con la edad joven del hospedero.

2.6.7. Patogenicidad

La patogenicidad de *R. solani* sobre frijol (*V. unguiculata*; sin. *V. sinensis*), ha sido reconocida desde hace mucho tiempo a escala mundial. La transmisión por semilla de *R. solani* en numerosas especies cultivadas ha sido igualmente estudiada con amplitud, habiéndose demostrado que el inóculo proveniente del crecimiento del patógeno en el sistema radicular de hospederos silvestres y el que proviene de semilla infectada de frijol, son de importancia primordial en la incidencia de la enfermedad en esta especie (Cook y Baker, 1985).

Tomando como base los criterios dados por Atkins y Lewis, (1954), acerca de que este patógeno solo produce afectaciones en las raíces de las plantas, estudios similares con otros hospederos demuestran lo contrario, pues según Yang *et al.* (1990) señalan, que el efecto sobre las raíces de muchas plantas es atribuible a procesos enzimáticos, parcialmente excretados por el patógeno y parcialmente inducidos en el tejido afectado del hospedero, pero que esta enfermedad también tiene efectos sobre la semilla dado al número de muestras encontradas con la presencia de este patógeno.

Los síntomas producidos por *R. solani* en la semilla son descritos por varios autores como decoloraciones en forma de franjas claras y la presencia de tegumento rugoso y amarillento, que reducen la viabilidad y en post emergencia forma chancros ovals sobre el hipocótilo, deprimidos y con bordes que progresan a pudrición, esas lesiones aparecen además en las raíces, siendo común que las plantas colapsen o se presenten malformaciones.

Acerca de lo anterior Schwartz y Gálvez, (1980), confirman los chancros sobre hipocótilo, pero refieren además un adelgazamiento de la plántula, que produjo más del 10% de pérdidas en Estados Unidos de América y Brasil.

Pina y Ogliani, (1992), señalan que en siete localidades productoras de frijol común y caupí en Brasil, establecieron la importancia de *Collectotrichum*

lindemuthianum y *R. solani* como géneros a tener en cuenta para garantizar la calidad sanitaria de las semillas, dado a los síntomas producidos por estos patógenos en las mismas.

Vechiato *et al.* (1997) refieren, afectación de la viabilidad de la semilla, *damping-off* y malformación de plántulas, mientras que Godoy-Lutz *et al.* (1996), encontraron en granos blancos, rojo moteado y negro, decoloraciones y una reducción significativa de la viabilidad.

Por otro lado, Pupo y Fernet, (2009), realizaron investigaciones en la provincia de Holguín, sobre el perfil de micoflora de las semillas de frijol común y caupí de producción local, daños y ubicación del inóculo, en cuyos resultados se señala a *R. Solani* como patógeno presente en la semilla, con una frecuencia de aparición de 76,10% y rango de infección de 0 - 15,5% en la escala (perfil) de frecuencia de infección (%). Además, obtuvieron que a partir del análisis de 1657 muestras de semillas, este hongo del suelo alcanzó un grado de frecuencia de muy frecuente con porcentajes de 70 - 85% de las muestras infestadas, mientras que en la ubicación del inóculo en la semilla señalan, que la infección es predominante en la cubierta y en menor medida en cotiledones y embrión.

Con respecto a este resultado, otros autores como Schwartz *et al.* (2005), informan el predominio de la infección en cotiledones y embrión. Mientras que Shama, (2007), obtiene resultados similares al encontrar la presencia del hongo en mayores porcentajes en cubierta y cotiledones y mucho menor en embrión.

Además es importante conocer, que actualmente esta enfermedad es de gran importancia no solo en la producción de frijol soya y otros granos, sino en diversos cultivos como el algodón, tomate, papa, vegetales, hortalizas, etc.

2.6.8. Relación hospedante - patógeno

R. solani puede penetrar al hospedero mecánicamente o bajo la acción de enzimas o toxinas, dependiendo la etapa de penetración. Dogman y Flentje, (1970) mencionados por Chet, (1990) reportaron esta infección, que puede ser sobre hipocótilo radicales donde el hongo presenta clavijas, penetrando la

epidermis del tejido del hospedero. En algunos casos las hifas se aplanan y funcionan como apresorios antes de la penetración. La infección por medio de clavijas aparentemente penetra las células mecánicamente según lo descrito por varios estudiosos. Sin embargo Chet, (1990), mostró que las células parenquimatosas secretan materiales mucilaginosos, permitiendo así adherirse a los tejidos del hospedero.

El rol de las enzimas en la penetración es importante, pues *R. solani* produce enzimas cutinolíticas, las cuales pueden degradar la cutícula. Pectinasas y celulasas pueden producir fusión durante la penetración, presumiblemente después de que haya penetrado y destruido la cutícula. Hasta el momento no se pudo identificar las enzimas que actúan durante la penetración, posiblemente las protopectinasas, y celulasas son importantes durante la degradación y muerte de los tejidos del hospedero. El mecanismo patogénico de *R. solani* es diferente e inadecuadamente explorado en los diferentes hospederos, pero generalmente después de una invasión intercelular sigue una invasión intracelular. (Krupa y Dommergues, 2001).

2.6.9. Métodos de lucha para su control fitosanitario

Los métodos de lucha contra *R. solani* se distinguen por la integración de prácticas culturales, como el enmendado del suelo con materia orgánica, la rotación de cultivos, labores agrotécnicas, resistencia varietal entre otras, que constituyen el control cultural, mientras que el control químico, el control biológico, físico también son utilizados con este fin y se encuentran detallados en el epígrafe 2.8.12 como parte de los estudios desarrollados sobre este patógeno.

No obstante, en Cuba, para el control de este patógeno, el uso de antagonistas dentro del control biológico como es el caso de *Trichoderma spp* y el control cultural, son los principales métodos de lucha más utilizados.

Así tenemos que el MINAGRI (2008), recomienda contra las pudriciones radicales y del tallo en el cultivo, específicamente para el control de *R. solani*: usar semillas limpias y libres de organismos patógenos, sembrar en suelos con buen drenaje, evitar dañar las raíces, erradicar malezas susceptibles, sembrar

cultivos no susceptibles en suelos infestados, el uso de variedades resistentes cuando sea posible y la aplicación de *Trichoderma spp.*, en mezcla con la semilla humedecida, inmersión de la semilla en la solución, espolvoreado o asperjado sobre la semilla en el surco antes del tape.

2.7. Complejo *Rhizoctonia*

Para abordar este aspecto el cual se considera de gran importancia en este género de hongo, se hará referencia a la reseña bibliográfica realizada por González, (2008), sobre los aspectos de sistemática y biología del complejo *Rhizoctonia*.

El complejo *Rhizoctonia* es un grupo heterogéneo de hongos filamentosos que no producen esporas asexuales y comparten caracteres morfológicos generales como la formación de micelio y esclerocios de coloración parda.

Los organismos pertenecientes a este complejo están distribuidos por el mundo, muchos son patógenos importantes de plantas de interés agrícola, forestal, e incluso de especies acuáticas; sin embargo, no todos los aislamientos causan daños. Algunos tienen un comportamiento saprobio y viven en materia orgánica en descomposición, mientras que otros pueden establecer relaciones simbióticas con determinadas especies de orquídeas y musgos (Cubeta y Vilgalys, 2000).

Se encuentra segregado en siete géneros según el estado teleomórfico y las características del aparato septal (Moore, 1987; Stalpers y Anderson, 1996). La identificación de especies dentro del grupo se hace difícil, ya que tiene pocos caracteres morfológicos, y los rasgos fisiológicos y patogénicos varían de un individuo a otro; además, raramente se producen estructuras sexuales en medio de cultivo, las cuales pueden esclarecer la taxonomía de estos hongos.

Hasta mediados de 1980 la clasificación estuvo basada en caracteres morfológicos, número de núcleos por célula vegetativa, patogenicidad y anastomosis hifal. Este último es el criterio más usado hasta la fecha. Los enfoques recientes para caracterizar los distintos aislamientos incorporan caracteres que se obtienen a través de técnicas moleculares como hibridación de ADN, el polimorfismo de la longitud de los fragmentos de restricción y la

secuenciación directa de genes, entre otros (Carling y Kuninaga, 1990; Vilgalys y González, 1990b; Cubeta y Vilgalys, 1997).

R. solani es la especie más estudiada dentro del complejo, y la mayoría de los estudios se han basado en ese taxón. Se encuentra dividida en 14 grupos de anastomosis (AG), que se subdividen en subgrupos según caracteres morfológicos, patológicos, bioquímicos y moleculares (Laroche *et al.*, 1992; John y Jones, 1993; Liu *et al.*, 1993; Liu y Sinclair, 1993). Este taxón puede afectar a más de quinientos géneros de plantas superiores (Farret *et al.*, 1989) y provocar *damping off* posturas, lesiones necróticas en raíces, semillas y tallos, además de daños foliares (Sneh *et al.*, 1991).

El género *Rhizoctonia* fue erigido después de observar el crecimiento del hongo en alfalfa. Se señala como carácter básico la producción de esclerocios de textura uniforme y micelio asociados a raíces de plantas (DeCandolle, 1815, citado por Parmeter y Whitney, 1970). La carencia de caracteres morfológicos específicos trajo como consecuencia la identificación como *Rhizoctonia spp.*, de una serie de aislamientos no relacionados (Parmeter y Whitney, 1970; Moore, 1987).

La incorporación de un taxón dado dentro del género estuvo basada en la presencia de características vegetativas como la pigmentación parda del micelio, la constricción en los puntos de ramificación de las hifas formando ángulos rectos y la ausencia de conidios. Además de estas características, que siempre están presentes, hay otras que se encuentran en un gran número de individuos, pero pueden estar ausentes en otros. Son ellas la formación de células moniloides y esclerocios en medio de cultivo, la alta tasa de crecimiento y un aparato septal delíporo complejo. Aproximadamente cuarenta epítetos específicos se le asignaron al género, pero revisiones taxonómicas más recientes han disminuido el número a 37 (Anderson y Stalpers, 1994) o a 49 (Roberts, 1999).

Las técnicas para la identificación de taxones similares a *Rhizoctonia* se han basado en estudios de las hifas vegetativas. Varios resultados experimentales han mostrado que, aunque los estudios basados en la morfología y características culturales del micelio son útiles para realizar una caracterización

preliminar, es necesaria la incorporación de otros caracteres (Andersen *et al.*, 1990; Sneh *et al.*, 1991), debido a la gran variabilidad entre individuos. Otra técnica ampliamente utilizada para la identificación es el conteo de núcleos porhifa somática (Parmeter *et al.*, 1967). No obstante, se conoce que este carácter también puede variar entre especies de un mismo género o incluso, entre aislamientos de una misma especie (Hietala *et al.*, 1994; Stalpers y Andersen, 1996).

R. solani [teleomorfo = *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk] es, sin duda, la especie más estudiada dentro del grupo. La descripción original de *R. solani* se hizo sobre aislamientos obtenidos de papa (*Solanum tuberosum* L.), y se concluyó que esta especie posee las siguientes características:

- a) pigmentación de las hifas en diferentes gamas del pardo.
- b) constricción de la hifa y formación del septo a corta distancia del punto de ramificación del micelio.
- c) células multinucleadas en hifas vegetativas jóvenes.
- d) la presencia de esclerocios, de células moniloides, alta velocidad de crecimiento micelial y patogenicidad son atributos que pueden o no estar en los aislamientos.
- e) la formación de micosporas, esclerocios diferenciados y presencia de rizomorfos son caracteres que nunca se van a encontrar en miembros de esta especie (Parmeter *et al.*, 1967; Parmeter y Whitney, 1970).

Este taxón tiene una distribución mundial amplia y es poco probable que exista un país donde no esté presente (Mordue, 1984). Es un patógeno con un elevado rango de hospedantes y causa daños en gran diversidad de cultivos.

Por la gran versatilidad de esta especie es objeto de estudios de tipo ecológico, patológico y de control biológico (Sneh *et al.*, 1996).

Hasta mediados de la década de 1980 la clasificación de *R. solani* se basaba en características culturales, rasgos morfológicos, número de núcleos y anastomosis de las hifas (Parmeter, 1980), y hasta el momento este es el criterio más empleado para clasificar este hongo; sin embargo, los enfoques recientes para el estudio de aislamientos de *R. solani* tienen en cuenta

caracteres bioquímicos y moleculares.

El microscopio electrónico de barrido también se ha utilizado para observar los detalles estructurales de las hifas y del aparato septal (Andersen, 1996; Moore, 1996). A pesar de que se emplean nuevos métodos y técnicas en los análisis taxonómicos fúngicos, la clasificación de especies de *Rhizoctonia* se considera aún en desarrollo. Una limitante lo constituye el hecho de que la mayoría de los estudios se efectúan en cultivos in vitro, en los cuales las estructuras sexuales no suelen observarse.

El análisis de la fase sexual constituye una valiosa herramienta para esclarecer y correlacionar la taxonomía de este grupo; pero son muy pocas las ocasiones en que se ha logrado la inducción del estado perfecto bajo condiciones de laboratorio (Ogoshi *et al.*, 1993a; González *et al.*, 2002).

En la sistemática actual del complejo *Rhizoctonia* por la heterogeneidad del complejo, varios autores han dividido las especies con anamorfos similares a *Rhizoctonia* en al menos siete géneros, a partir de la ultraestructura del aparato septal y el estadio teleomórfico.

A continuación se listan los que están reconocidos hasta la fecha (Moore, 1987; Andersen y Stalpers, 1994; Roberts, 1999):

- ***Ascorhizoctonia* Yang y Korf:** Incluye especies que presentan septo simple con uno o dos cuerpos de Woronin asociados y estadios teleomórficos similares a los producidos por miembros del orden Pezizales.
- ***Ceratorhiza* R. T. Moore:** agrupa especies con teleomorfo perteneciente a *Ceratobasidium* Rogers y septo dolíporo con parentosoma perforado.
- ***Chryzorhiza* Andersen y Stalpers:** incluye estados anamorfos de *Waitea circinata* Warcup y Talbot y *Waitea nuda* Clemenc con septo dolíporo, con parentosoma perforado.
- ***Epulorhiza* R. T Moore y Andersen:** aislamientos con fase perfecta en *Tulasnella* Schroeter y septo dolíporo con parentosoma no perforado.
- ***Thanatophytum* Nees:** es el nombre correcto para designar anamorfos pertenecientes a *Helicobasidium* Pat. con presencia de septo simple.
- ***Opadorhiza* Andersen y R. T Moore:** agrupa especies con teleomorfo

pertenecientes al género *Sebacina* Tulcon septo dolíporo con parentosoma no perforado.

- ***Moniliopsis* Ruhland:** Incluye especies con fase perfecta en *Thanatephorus* y septo dolíporo con parentosoma perforado. El nombre de *Rhizoctoniase* conserva en lugar de *Moniliopsis*.

Los teleomorfos más estudiados, por su importancia desde el punto de vista fitopatológico, son *Thanatephorus* y *Ceratobasidium*, aunque las relaciones evolutivas entre ambos aún no están completamente dilucidadas. Roberts, (1999) consideró, basado en estudios con materiales tipo y filogenia molecular, que ambos géneros debían ser sinonimias; sin embargo, en un análisis filogenético de la familia Ceratobasidiaceae se sugiere que a pesar de la cercanía que presentan, deben permanecer como entidades independientes (González *et al.*, 2001 y 2006a) y de esta forma se acepta. Los anamorfos de estos dos géneros se han identificado y clasificado tradicionalmente sobre la base del número de núcleos por célula. Se considera a *Thanatephorus* multinucleado y a *Ceratobasidium* binucleado, a pesar de que el número de núcleos es desconocido aún para muchas especies. En ambos géneros se incluyen aislamientos saprobios, patógenos y simbioses (Robert, 1999).

Existen otros taxones asociados con los anamorfos similares a *Rhizoctonia* spp. Varios aislamientos de *Rhizoctonia* se han conectado con el género *Waitea*, el cual tiene importancia desde el punto de vista fitopatológico. Por ejemplo, *Waitea circinata* está asociado a *Chrysorhiza zae* (*Rhizoctonia zae*). Este taxón se ha relacionado con enfermedades en Poáceas (Sneh *et al.*, 1991). *Waitea circinata* posteriormente se desplegó en tres variedades al considerar caracteres morfológicos y moleculares: var. *circinata*, var. *zae* y var. *Oryzae* (Leiner y Carling, 1994; Toda *et al.*, 2005).

2.7.1. Biología del complejo *Rhizoctonia*

El sistema de clasificación principal para el grupo está fundamentado en la anastomosis de las hifas. Los primeros registros de anastomosis en este hongo los informaron Matsumoto (1921) y Matsumoto *et al.* (1931) citados por Carling (1996). Esto es aplicable tanto a especies multinucleadas como binucleadas.

La reacción de anastomosis hifal es una expresión de incompatibilidad o compatibilidad somática (Anderson, 1982). Un grupo de anastomosis (AG) está formado por aislamientos genéticamente relacionados, según su capacidad de anastomosarse entre ellos. Esta reacción puede ir desde una fusión perfecta en la cual hay unión de pared celular y membrana citoplasmática hasta ausencia total de reacción. Aunque los mecanismos y el significado biológico de la reacción de anastomosis no son completamente entendidos, representan la interacción somática entre individuos genéticamente diferentes o similares, lo cual en el caso de *Rhizoctonia* se observa a nivel microscópico e incluso macroscópico (Sneh *et al.*, 1991). Entre aislamientos pertenecientes al mismo AG se produce fusión de las hifas, lo que sugiere la existencia de compatibilidad o incompatibilidad vegetativa. Los aislados de diferentes AG no se fusionan entre sí, lo que indica diferencias genéticas entre ellos. Esto ha llevado a varios autores a elaborar la hipótesis de que constituyen especies diferentes (Mordue *et al.*, 1989; Boidin, 1998).

El estatus taxonómico de los diferentes AG es controversial. Se ha propuesto una correlación entre el concepto de AG y especies biológicas; pero en el caso de *Rhizoctonia* no se ha logrado definir debido a la carencia de caracteres morfológicos exhibidos y el desconocimiento de los mecanismos sexuales que operan en este complejo (Carling y Sumner, 1992). Varios autores sugieren que los diferentes AG pueden representar poblaciones genéticamente aisladas dentro de un taxón común, (Adams, 1988; Vilgalys y Cubeta, 1994). Las reacciones de anastomosis pueden afectarse por condiciones nutricionales y de laboratorio, inestabilidad genética y el estado nuclear de los aislamientos por lo que su interpretación en ocasiones se hace difícil.

2.7.2. Grupos de anastomosis de *R. solani*

En la Tabla 14, aparecen los grupos y subgrupos de *R. solani*.

Tabla 14: Grupos y subgrupos de *R. solani*, cultivo que ataca y estado teleomórfico asignado.

Grupo- subgrupo	Cultivos que ataca	Teleomorfo
AGI - IA	Arroz, maíz, sorgo, soya, frijol, césped	<i>Thanatephorus cucumeris</i> , ¿ <i>Thanatephorus sasaki</i> ?
AGI - IB	Frijol, arroz, soya, lechuga, col, leguminosas, hortensia	<i>T. cucumeris</i> , ¿ <i>T. microesclerotius</i> ?
AGI - IC	Zanahoria, soya, pino, lino	<i>T. cucumeris</i>
AG2 - I	Crucíferas, fresas, tulipán	<i>T. cucumeris</i>
AG2 – 2IIIB	Arroz, jengibre, césped, maíz, remolacha	<i>T. cucumeris</i>
AG2 – 2IV	Remolacha, Césped	<i>T. cucumeris</i>
AG - 3	Papa, Tabaco, Tomate, berenjena	<i>T. cucumeris</i>
AG4 (HGI, HGH y HGIII)	Tomate, papa, soya, cebolla, algodón, pino, guisantes	<i>T. cucumeris</i> , ¿ <i>T. praticola</i> ?
AG 5	Papa, césped, frijol, soya	<i>T. cucumeris</i>
AG6 (HG-1 y GV)	No patogénico	<i>T. cucumeris</i>
AG7	Soya	<i>T. cucumeris</i>
AG8	<i>Poaceae</i>	<i>T. cucumeris</i>
AG9 (TP y TX)	Crucíferas , papa	<i>T. cucumeris</i>
AG10	No patogénico	<i>T. cucumeris</i>
AG11	Trigo	<i>T. cucumeris</i>
AG12	Coliflor, rábano	<i>T. cucumeris</i>
AG13	No patogénico	<i>T. cucumeris</i>
AGBI	No patogénico	<i>T. cucumeris</i>

Nota: Los nombres entre signos de interrogación, se han propuesto como especies diferentes a *Thanatephorus cucumeris* (González et al., 2006b).

Se han descrito 14 AG para *R. solani* nominados del AG1 al AG13 cuyos miembros, se anastomosan solo con individuos del mismo grupo y el AG-BI, que incluye aislados capaces de fusionarse entre ellos y con otros grupos.

MacNish et al. (1993) describieron cuatro tipos de reacciones (C0, C1, C2 y C3), según el grado de interacción entre las hifas, para explicar la relación genética entre los aislamientos (Tabla 15). Entre AG diferentes no existe interacción o existe muy poca, lo que se ha denominado reacción C0 y C1 respectivamente, aunque se señala que C1 también puede observarse entre

individuos de un mismo AG (Cubeta y Vilgalys, 1997).

Tabla 15. Clasificación de las reacciones de anastomosis (Mac Nish *et al.*, 1993).

Reacción	Fenotipo	Relación genética entre los aislamientos
CO: No interacción	No hay reconocimiento entre las hifas	No existe relación genética entre los tratamientos. Pertenecen a diferentes AG
CI: Ligercontacto hifal	No se evidencia contacto entre la pared o la membrana. Puede o no estar acompañada de muerte celular	Aislamientos con relación genética muy distante. Puede o no pertenecer al mismo AG
C2: Reacción de muerte	Ocurre anastomosis entre las hifas, con muerte celular de las hifas anastomosadas y las adyacentes. Incompatibilidad somática evidente incluso a nivel macroscópico.	Aislamiento genéticamente diferente que pertenecen al mismo AG.
C3: Fusión perfecta	Anastomosis evidente entre las paredes y membranas. No hay muerte celular.	Aislamientos genéticamente idénticos o muy relacionados. Pertenecen al mismo AG y pueden ser clones.

Para aislamientos pertenecientes a igual AG se describen las reacciones C2 y C3. La primera se denomina reacción de muerte, en la que los aislados se fusionan y ocurre la lisis de las células anastomosadas, lo que indica incompatibilidad vegetativa entre individuos genéticamente diferentes. La reacción C3, conocida como fusión perfecta, ocurre entre individuos genéticamente cercanos.

La reacción C2 es importante para definir individuos genéticamente diferentes dentro de una población, mientras que C3 se espera que ocurra entre clones.

En la Tabla 16, se exponen todos los grupos y subgrupos por Sneh *et al.* (1991).

- Grupos de anastomosis en taxones binucleados

Tabla 16. Grupos y subgrupos de taxones binucleados de acuerdo con la nomenclatura japonesa, según (González *et al.*, 2006b).

Grupo de Anastomosis	Anamorfo	Teleomorfo	Cultivos que atacan
AG A (CAG2)	<i>R. candida</i> ; <i>R. endophytica</i> ; <i>var. Endophytica</i> ; <i>R. fragariae</i> ; <i>R. ramicola</i>	<i>Ceratobasidium cornigerum</i> <i>C. ramicola</i>	Fresa, frijol, espinacatomate, pepino, lechuga, remolacha azucarera melón.
AG Ba	<i>R. fumigata</i>	<i>C. setariae</i>	Arroz, millo
AG Bb	<i>R. oryzae-sativae</i>	<i>C. oryzae-sativae</i>	Arroz, millo
AG B(o)	Desconocido	<i>C. cornigerum</i>	Arroz
AG C	<i>R. globulares</i>	<i>C. cornigerum</i>	Poco patogénico (trigo, remolacha azucarera).
AG D (CAGI)	<i>R. cereales</i>	<i>C. cereales</i>	cereales, frijol, , cebolla, papa, algodón, soya.
AGE (CAG3,CAG6)	<i>R. muneratii</i>	<i>Ceratobasidium sp.</i>	Frijol, rábano, cebolla, lechuga, tomate, remolacha azucarera
AG F (CAG4)	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	Frijol, rábano, cebolla, lechuga, tomate.
AG G	<i>R. fragariae</i>	<i>Ceratobasidium sp.</i>	Fresa, frijol, tomate, remolacha azucarera
AG H	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG I	<i>R. fragariae</i>	Desconocido	Fresa y caña de azúcar
AG J	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG K	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG L	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG M	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG N	Desconocido	Desconocido	No hay reportes de enfermedades
AG O	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	No hay reportes de enfermedades
AG P	Desconocido	<i>C. cornigerum</i>	Té
AG Q	Desconocido	<i>C. cornigerum</i>	Césped
AG R (CAG 5)	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	Frijol, papa, rábano y lechuga
AG S (CAG 7)	Desconocido	<i>Ceratobasidium sp.</i>	Azalea
AG T	Desconocido	Desconocido	Rosa, Azalea
AG U	Desconocido	Desconocido	Rosa, Azalea

Entre paréntesis se muestra la equivalencia con los aislamientos americanos.

A pesar de ello, el agrupamiento según la anastomosis no es completamente satisfactorio pues un aislado se anastomosa total o parcialmente con aislamientos de más de un grupo de anastomosis; (Vilgalys y Cubeta, 1994; Carling, 1996).

Al igual que para *R. solani*, las reacciones de anastomosis han constituido el principal criterio para clasificar las especies binucleadas.

En el mundo existen dos escuelas dedicadas al estudio de los aislamientos binucleados: autores japoneses, los que han descrito 17 AG (AGA - AGQ) (Ogoshi *et al.*, 1983b) y autores de Estados Unidos que han ubicado siete grupos (CAG-1 a CAG-7) (Burpee *et al.*, 1980).

Ogoshi *et al.* (1983b) demostraron que ambos criterios se correspondían, a excepción de los grupos CAG-5 y CAG-7, los cuales posteriormente se denominaron AG-R y AG-S respectivamente.

En Japón, Hyakumachi *et al.* (2005) en trabajos realizados con varios aislamientos de este hongo, describieron dos nuevos grupos: AG-T y AG-U. Este último lo hallaron también Copeset *et al.* (2005) al evaluar diferentes aislados de *R. solani* en Mississippi, Estados Unidos.

- Grupos de anastomosis de otros taxones multinucleados.

Los anamorfos multinucleados del género *Waitea Warcupy Talbot* también se agrupan en AG. Incluyedos especies que se ubican en el género *Chryzorrhiza Andersen y Stalpers*: *C. zaeae* y *C. oryzae*. Para la primera especie está descrito un AG, el WAG-Z aislado de arroz, uno de los principales cultivos que ataca este hongo. Para *C. oryzae* también aparece un AG, el WAG-O obtenido de suelo (Sneh *et al.*, 1991).

2.7.3. Marcadores moleculares en el estudio del complejo *Rhizoctonia*

Los marcadores moleculares revelan sitios de variación de la secuencia de ADN. A diferencia de los caracteres morfológicos, los cambios no se muestran por sí mismos en el fenotipo, porque pueden ser solo en un nucleótido del gen o en una secuencia repetitiva del ADN. Los marcadores moleculares son más numerosos que los morfológicos, por lo que el polimorfismo sobrepasa varias veces el de otras variantes genéticas, que incluyen las isoenzimas, que tienen determinados hongos filamentosos, como los pertenecientes al grupo *Rhizoctonia*, los cuales poseen pocos caracteres fenotípicos que pueden usarse para diferenciar entre individuos de una población, lo cual limita el estudio

sobre la biología de las poblaciones en estos organismos.

Los marcadores fenotípicos han sido útiles para diferenciar entre especies, pero no tienen suficiente resolución para distinguir entre individuos de una misma especie. La posibilidad de conocer la secuencia del ADN ha hecho práctico llevar a cabo estudios básicos de población y biología evolutiva en hongos (Rosewich y McDonald, 1994).

La profundización en el conocimiento de la biología de este complejo fúngico requiere cada vez más de la aplicación de marcadores moleculares para caracterizar genotípicamente la estructura de las poblaciones. Estas herramientas se han aplicado al estudio de diferentes especies de *Rhizoctonia* y están enfocados a la búsqueda de diferencias genotípicas entre AG, subgrupos incluso dentro de un mismo AG (Ogoshi, 1987; Vilgalys y Cubeta, 1994).

Entre las técnicas moleculares utilizadas para estos fines, se incluyen los análisis de polimorfismo de la longitud de los fragmentos de restricción (RFLP) (Jajabi Hare *et al.*, 1990; Cubeta *et al.*, 1996), hibridación de ADN (Matthew *et al.*, 1995; Balali *et al.*, 1996) y ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD) (Duncan *et al.*, 1993; Yang *et al.*, 1995).

La secuenciación directa de los fragmentos de la región diana es uno de los métodos más fiables y sensibles para detectar y comprender la diversidad genética. De esta forma las secuencias obtenidas se pueden comparar con las de otros taxones (Boysen *et al.*, 1996; Hsiang y Dean, 2001; González *et al.*, 2002; Fenilli *et al.*, 2003).

Un criterio que se ha de considerar para la elección de un marcador molecular es que pueda discriminar el genotipo de cada individuo en una población en estudio. Para el complejo *Rhizoctonia* se recomienda el uso de marcadores conservados desde el punto de vista evolutivo, debido a que se ha demostrado un bajo nivel de complementariedad de secuencias entre grupos intraespecíficos (Vilgalys, 1988).

Para este propósito, los genes que codifican para el ARN ribosomal son adecuados como marcadores moleculares, ya que estos evolucionan más

lentamente que otras partes del genoma y abre posibilidades de comparaciones evolutivas a diferentes niveles taxonómicos (Appels y Dvorak, 1982; Hillis y Davis, 1986).

Debido a que cada método tiene sus ventajas y limitaciones se aconseja la combinación de varios de ellos, de acuerdo con los aspectos metodológicos y logísticos, como por ejemplo preparación de la muestra, nivel de reproducibilidad, costo y seguridad, así como consideraciones analíticas.

- Genes que codifican el ARN ribosomal

Las secuencias que codifican el ARN ribosomal (ADNr) se han utilizado para el estudio de las relaciones filogenéticas y taxonómicas en hongos (Bruns *et al.*, 1991). Los genes ribosomales están localizados en las mitocondrias y en el núcleo, y contienen numerosas regiones con secuencias altamente conservadas y otras con gran variabilidad (White *et al.*, 1990).

El ADNr nuclear usualmente existe en los hongos como elementos en bloques repetidos. Cada unidad está formada por un sistema complejo de secuencias que incluye los genes 18S, 28S y 58S, que codifican para las proteínas que forman las subunidades ribosomales, y se encuentran separados por dos espaciadores internos que se transcriben, llamados ITS1 e ITS2, de una longitud entre 200 y 400 pares de bases (pb).

Los módulos repetidos del ADNr nuclear, pueden encontrarse en uno o varios cromosomas y el número varían de acuerdo con el genoma. Pueden encontrarse desde 60 copias en el género *Coprinus* hasta 200 en *Neurospora* (Iturralde *et al.*, 2002). En *T. praticola* Kotila y Flentje, especie propuesta como teleomorfo del AG-4 de *R. solani*, se detectaron aproximadamente 59 copias

(Vilgalys y González, 1990a). En algunos casos existe la subunidad 58S que puede estar localizada dentro de la unidad ribosomal o en otra región del genoma (Iturralde *et al.*, 2002).

Las secuencias 28S, 18S y 58S están altamente conservadas y evolucionan lentamente, por lo que se utilizan para obtener información sobre las relaciones filogenéticas. Las zonas no codificantes (ITS1, ITS2 EIGS) son más variables porque acumulan mayor número de mutaciones y tienen gran interés en la

identificación y tipificación de especies fúngicas.

White *et al.* (1990), diseñaron y describieron cebadores específicos para amplificar y secuenciar varios segmentos del ADNr mitocondrial y nuclear de hongos, lo que abrió la posibilidad de realizar estudios filogenéticos con el uso de estos genes.

La diversidad intraespecífica en el ADNr nuclear es común en hongos. En estudios de polimorfismo en esta región para varias especies fúngicas han mostrado que el ADNr nuclear es adecuado para el análisis de la relación genética a nivel de género y especie (Kistler *et al.*, 1987; Klassen *et al.*, 1987; Liu *et al.*, 1992).

Los estudios para el complejo *Rhizoctonia* se han dirigido fundamentalmente a la caracterización de los diferentes AG, principalmente en anamorfos pertenecientes a *Ceratobasidium* y cepas de *R. solani* (Ceresini *et al.*, 2002a, Perdomo *et al.*, 2007; Carling *et al.*, 2002a y 2002b; Lubeck y Poulsen, 2001; Priyatmojo *et al.*, 2001). La determinación del contenido de guanina citosina se llevó a cabo por Kuninaga y Yokosawa, (1980) para *R. solani*, y se comprobó que era similar en cepas pertenecientes al mismo AG.

Estudios de hibridación DNA-DNA demostraron que el agrupamiento por complementariedad de secuencias se correspondía con el propuesto según la anastomosis hifal (Kuninaga y Yokosawa, 1984 y 1985; Vilgalys, 1988; Carling y Kuninaga, 1990). Se diferenciaron subgrupos dentro de los AG-2 y AG-8 de *R. solani* (Duncan *et al.*, 1993). Se encontró además alto nivel de correspondencia entre los patrones de restricción generados por RFLP y los grupos de anastomosis (Vilgalys y González, 1990b).

Con respecto a los taxones binucleados, Cubeta *et al.* (1991), caracterizaron 13 de los 21 grupos descritos con el empleo de análisis de restricción en parte de la sub unidad ribosomal 28S. También se ha podido separar en subgrupos dentro del AG-D mediante RAPD y RFLP (Toda *et al.*, 1999).

Diferentes investigadores utilizan la secuenciación directa del ADNr nuclear para dilucidar las relaciones filogenéticas entre diversos organismos del complejo *Rhizoctonia* (Boysen *et al.*, 1996; Kuninaga *et al.*, 1997; Roberts,

1999; Salazar *et al.*, 1999; 2000; González *et al.*, 2001; 2002; 2006b; Carling *et al.*, 2002a).

Con el desarrollo alcanzado en las técnicas basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la automatización del proceso de secuenciación es posible y sencillo amplificar y estudiar la variación en la secuencia del ADNr en el nivel taxonómico deseado. La secuencia del ADNr puede brindar información y alto nivel de resolución de las diferencias genéticas entre especies de *Rhizoctonia*.

2.7.4. Aspectos sobre la patogenicidad del complejo

Cuando la hifa de *Rhizoctonia* se pone en contacto con la superficie externa del hospedante se produce un fenómeno de reconocimiento que resulta en un aumento en la ramificación micelial y formación de estructuras de infección (apresorios o ramas hifales en forma de T), que llegan a formar lo que se conoce como colchón infeccioso, lo que le permite al hongo penetrar en el tejido vegetal intacto (cutícula y epidermis). En el transcurso del proceso infeccioso se produce un intercambio de sustancias entre la planta (exudados vegetales) y el hongo (enzimas extracelulares).

El mayor número de estudios de patogenicidad se ha realizado con *R. solani*, específicamente con los AG-1, AG-2, AG-3 y AG-4, aunque en resultados experimentales se ha demostrado similitud entre varios AG de *R. solani* y aislamientos patogénicos de *Ceratorhiza spp.* (González *et al.*, 2006b).

Después de la formación de las estructuras de infección ocurre la penetración a través de la cutícula o los estomas, aunque esta última vía es muy rara y se ha informado solo para el AG-1 (Weinhold y Sinclair, 1996). Posteriormente ocurre la colonización de los tejidos con la producción de enzimas hidrolíticas que degradan las paredes celulares. Se ha demostrado que miembros del AG-4 producen enzimas pectinolíticas y celulolíticas (Marcus *et al.*, 1986).

Desde el punto de vista citológico el proceso patogénico se caracteriza por provocar daños severos e incluso la muerte de la célula vegetal. Esto puede ocurrir inmediatamente después de la penetración y colonización. Este hongo también es capaz de colonizar tejido vegetal muerto, lo cual sugiere un

comportamiento nutricional facultativo (necrotrófico y/o biotrófico).

R. solani ataca las partes bajo tierra de la planta como las semillas, hipocótilo y raíces, pero además es capaz de infectar las zonas aéreas como tallos y hojas. En las semillas infectadas se evidencia una inhibición total de la germinación, mientras que las posturas pueden afectarse antes o después que emerjen. El principal daño provocado es el *damping off*, en el cual las plántulas afectadas presentan una necrosis con constricción en la base del tallo y caen sobre la superficie del suelo (Fotos 8 y 9).



Fotos 8 y 9. Plantas de tomate y tabaco con síntomas característicos de *dampingoff*.
(Fuente: <http://www.wordlingo.com/ma/enwiki/es/Damping-off>)

De forma general, las posturas son susceptibles al ataque por este hongo durante sus primeras semanas de desarrollo, lo que disminuye en los posteriores estadios de madurez con el desarrollo de los mecanismos bioquímicos y físicos de defensa.

Estudios en Estados Unidos han demostrado que, bajo determinadas condiciones ambientales, como períodos prolongados de alta humedad, puede ocurrir la producción de basidiosporas, las cuales son importantes en la dispersión a largas distancias, que germinan dando lugar a nuevo micelio y pueden observarse en la base del tallo o en el borde de las hojas.

Las basidiosporas generalmente se liberan y dispersan durante la noche, pueden ser sensibles a la desecación y a la luz ultravioleta. A pesar de que la mayoría de las enfermedades causadas por *Rhizoctonia* inician por micelio y esclerocios, algunas son resultado de la infección de basidiosporas. Se tienen reportes de manchas foliares en tabaco, necrosis foliar en soya y remolacha, y quemazón en hojas y tallos de frijol (Cubeta y Vilgalys, 2000; González *et al.*,

2006b).

2.7.5. Situación en Cuba del complejo *Rhizoctonia*

En la Tabla 17, se dan a conocer las especies del complejo *Rhizoctonia* que aparecen informadas oficialmente para Cuba (Arnold, 1986; Minter *et al.*, 2001). No obstante, Sneh *et al.* (1991), clasifican a *R. chousсии* como especie dudosa, y excluyen a *R. bataticola* (sin: *Macrophomina phaseolina*, *R. lamellifera*, *R. phaseoli*) y a *R. tuliparum* (sin: *Sclerotium tuliparum*) debido a que los caracteres morfológicos no concuerdan con los descritos para *Rhizoctonia spp.*

Tabla 17. Miembros del complejo *Rhizoctonia* informados en Cuba, según Arnold (1986) y Minter *et al.* (2001).

Taxones informados	Sustrato de donde se aisló	Referencias
<i>Rhizoctonia chousсии</i> Grand. et Ari.	Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	Arnold, 1986
<i>Rhizoctonia oryza</i> Ryker et Gooch	Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	Arnold, 1986
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	Más de cincuenta cultivos	Arnold, 1986
<i>Rhizoctonia bataticola</i>	No se informa	Arnold, 1986
<i>Rhizoctonia spp.</i>	Más de treinta cultivos	Arnold, 1986
<i>Rhizoctonia tuliparum</i>	Crotón (<i>Codiaeum variegatum</i> Blume)	Minter <i>et al.</i> (2001)

Por lo anterior se puede afirmar que son pocas las especies reportadas en el país, apesar de que se encuentran ampliamente distribuidos en toda la isla.

En Cuba hay importantes resultados para el control de *Rhizoctonia spp.*, con el uso de productos químicos y biológicos (Sandoval y Sáenz, 1992; Sandoval y López, 2001; Sandoval *et al.*, 2001; Alarcón *et al.*, 2005) y existen también estudios epidemiológicos cuyos resultados se introdujeron en estrategias de manejo integrado de plagas (Herrera y Cámara, 1988; Marín, 2003).

La principal problemática que presenta este complejo fúngico dentro del sistema de Sanidad Vegetal del País es el diagnóstico, ya que se realiza basado en los caracteres morfológicos, culturales y la sintomatología, además de que en la mayoría de los casos no se realizan las tinciones nucleares, lo que conlleva a que los aislamientos se reporten como *Rhizoctonia sp.*, o se le asigne deliberadamente el epíteto específico *solani*. Una de las principales

limitaciones es que no se dispone de las cepas patrones representantes de los diferentes AG, por lo que es imposible realizar los enfrentamientos con los aislamientos cubanos.

De lo anterior se deduce que hay desconocimiento acerca de la estructura de las poblaciones cubanas de este grupo. No se sabe qué especies son las que más incidenc sobre los cultivos, ni qué grupos de anastomosis se encuentran en el país, por lo que es necesaria la incorporación de nuevas herramientas, que de conjunto con las tradicionalmente utilizadas permitan dar un diagnóstico de óptima calidad, que es el punto de partida para un manejo exitoso de este grupo fúngico que incluye taxones fitopatógenos.

2.7.6. Consideraciones finales

El sistema de clasificación de los hongos incluidos dentro del complejo *Rhizoctoniase* dificulta debido a la escasez de caracteres morfológicos exhibidos.

Desde la década de 1970 hasta la actualidad, los grupos de anastomosis han constituido la forma más homogénea de organizar la diversidad del complejo, no obstante, se conoce que no es completamente satisfactorio. Se han encaminado varios esfuerzos para establecer métodos de fructificación in vitro, que sería una valiosa herramienta para la identificación; pero en la mayoría de los casos se ha evidenciado la poca capacidad de estos individuos para fructificar bajo condiciones de laboratorio.

Por otra parte, el estudio de la morfología del aparato septal ha sido muy útil para segregar el complejo de una forma filogenéticamente acertada, aunque la necesidad del microscopio electrónico hace que este carácter no se aplique de forma extensa. El uso de caracteres moleculares en el estudio de estos hongos esclareció muchos aspectos de su historia natural, y también se han utilizado directamente en el diagnóstico; no obstante, muchas de estas técnicas no se encuentran al alcance de los laboratorios que trabajan con este complejo fúngico.

En el caso específico de Cuba existe un problema adicional: las cepas patrones de los grupos de anastomosis no están disponibles en el país, lo que dificulta el

diagnóstico. Se hace necesario caracterizar las poblaciones cubanas a través de estudios tradicionales y de avanzada para tener cepas patrones de anastomosis autóctonas, que puedan distribuirse posteriormente por los laboratorios provinciales. Esto sin duda elevará la calidad del diagnóstico y aportará nuevos elementos para el manejo de enfermedades producidas por este complejo fúngico.

2.8.- Principales estudios sobre *R. solani* desarrollados a nivel mundial y en Cuba

Los principales estudios sobre este patógeno desarrollados en el mundo y en Cuba han estado relacionados con la evaluación de los daños al cultivo (incidencia y severidad), bioecología (ciclo de vida, sobrevivencia, rango de plantas hospedantes, factores ambientales), sintomatología, distribución temporal y control, de los cuales a continuación haremos referencias a algunos de ellos:

- Incidencia y severidad de *R. solani*

La incidencia y severidad de *R. solani* se ha venido incrementando sobre diferentes tipos de suelos y cultivos a nivel mundial, debido a la gran habilidad saprofítica y parasítica que posee este patógeno, sus propágulos (micelio y esclerocios) sobreviven en el suelo independientemente y en asociación con materia orgánica o en tejidos del hospedante por varios años, sirviendo de inóculo primario para subsiguientes cultivos (Papavizas y Lumsden, 1980; Lewis y Papavizas, 1991).

Los estudios sobre el tema han permitido conocer los índices de infección, así como los grados de severidad de este hongo del suelo en cultivos de importancia económica, señalando su alto grado de peligrosidad para la obtención de rendimientos agrícolas aceptables.

En Cuba, González Ávila, (1985), en diferentes trabajos realizados en varias regiones del País en el cultivo señala, que *R. solani* tiene un papel predominante dentro de las patologías del suelo, encontrándose afectando al cultivo en cualquier etapa de su desarrollo, con índices de infección de 22,1%.

Pupo y Sandoval, (1987), en trabajos realizados sobre la incidencia y la distribución de *R. solani* y *M. phaseolina* en condiciones de producción en la Provincia de Holguín señalan, que apartir de las fases de floración comienzan a registrarse altas poblaciones de este hongo y otros hongos del suelo en todas las áreas evaluadas, siendo una de las principales formas de diseminación en el suelo la semilla, con índices de infección entre 17,3 – 22%

Michael, (1988), en investigaciones desarrolladas sobre *R. solani* en la parte sur de California, indica que este patógeno es capaz de atacar un amplio rango de plantas de importancia económica bajo diferentes épocas del año, y que su ataque se acentúa en la medida que avanza el ciclo del cultivo, con índices de infección superiores al 22 %.

Liu y Sinclair, (1991) y Muyoloet *al.* (1991), en trabajos realizados en Ohio y Zaire, observan un aumento progresivo de las poblaciones de *R. solani* en el suelo con la consiguiente infección al cultivo, con índices de infección del 24%.

Chaveco *et al.* (1996), en evaluaciones de diferentes materiales de frijol caupí procedentes del IITA, Nigeria, para las condiciones de la provincia Holguín señalan a *R. solani* como el principal patógeno del suelo en los agroecosistemas típicos y atípicos del cultivo, dado al porcentaje de plantas afectadas que sobrepasan más del 40%.

Short *et al.* (1998), en estudios realizados sobre la incidencia de *R. solani* afirman, que en la medida que aumenta el ciclo del cultivo fundamentalmente en los periodos de floración - fructificación, se inician las mayores afectaciones de este hongo al cultivo, con porcentajes de incidencia que sobrepasan el 25%.

Sánchez *et al.*, (2004), al evaluar el comportamiento agronómico de introducciones de variedades de caupí y otras existentes en Cuba señala, a *R. solani* como el principal agente fungoso de la rizosfera en el cultivo, con porcentajes de distribución del 42% e índices de infección entre 19- 23,2%.

García *et al.* (2008), en estudios sobre la incidencia y alternativas de control de *R. solani* en localidades del Estado de Mérida, Venezuela, reportaron una incidencia promedio del patógeno que varía entre 5% y 30%, donde más del 70% de las localidades presentó incidencia del 30%.

Castellanos *et al.* (2011), al evaluar la incidencia de *R. solani* y otros patógenos del suelo sobre variedades del cultivo, reportan porcentajes de incidencia del 12 % fundamentalmente en variedades de color blanco.

Por su parte López *et al.* (2012), al evaluar el comportamiento de estos parámetros del organismo (distribución e índices de infección) en 14 localidades de la provincia de Holguín, plantea que los porcentajes de infección obtenidos fueron del 24,8% en más del 50% de las localidades analizadas.

En cuanto a la severidad tenemos que González Ávila *et al.* (1987), en trabajos realizados sobre la severidad de los daños y el comportamiento de *M. phaseolina* y *R. solani* frente a diferentes variedades de frijol común y caupí, señalan la selectividad que presentaron ambos patógenos hacia las variedades de tipo blanco y rojo, con grados de severidad Medio para casi todos los cultivares evaluados.

Schew, (1997) y Punja, (1999) señalan, que la presencia de un sustrato orgánico en el suelo como hojas senescentes, puede acrecentar la severidad de las enfermedades producidas por este patógeno, donde en muchos casos los grados de severidad pueden ser intensos.

Mientras que López *et al.* (2005), en trabajos realizados para evaluar el grado de severidad y el comportamiento agronómico de líneas de frijol caupí, en la provincia de Holguín, obtuvieron grados de severidad de medio- ligero y solo en la var. Carita tradicional se alcanzó grado intenso.

Por otro lado, Andreu (1989), William, (1992), Emechebe *et al.* (1995), Singh *et al.* (1995), Henis *et al.* (1995) y López *et al.* (2010) plantean, que los factores que más inciden en la supervivencia, severidad y en general en el comportamiento de los hongos del suelo, se encuentran la temperatura, la humedad y el tipo de suelo,

- **Bioecología**

En Cuba varios estudios sobre la bioecología de *R. solani* han sido realizados por diversos autores entre los que se encuentran los desarrollados por Martín, (2001) quien abordó aspectos bioecológicos de *R. solani*, especie fitopatógeno presente en numerosos cultivos y en diferentes suelos del País.

Herrera, (2004), en investigaciones durante más de 25 años sobre los principales hongos fitopatógenos que viven en el suelo, estudio aspectos sobre la bioecología de especies de los géneros *Ceratocystis* Ellis & Halst, *Fusarium* Link 1809, *Macrophomina* Petr., *Rhizoctonia* DC, *Sclerotium* Tode y *Thanatephorus*.

Por su parte, González (2008) realizó investigaciones sobre el complejo *R. solani* señaló que es la especie más estudiada dentro del complejo *Rhizoctonia*. Se encuentra dividida en 14 grupos de anastomosis (AG) que se subdividen en grupos según caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares.

Nerey, (2009), evaluó varios aislados de *R. solani* estudios sobre las características morfológicas y patogénicas de estos, señalando que difieren en patogenicidad y morfología, así como en características culturales y fisiológicas, lo que evidencia que no es una especie única, sino una colección de poblaciones o grupo de anastomosis (AG) en el cual se agrupan organismos de la misma especie que pueden entrecruzar sus hifas entre sí.

Castellanos *et al.* (2011), en trabajos realizados en el cultivo del frijol determinaron por vez primera, las especies y grupos de anastomosis de *R. solani* asociadas al cultivo, siendo el único presente el AG 4 HGI, además comprobaron que todos los aislados de *R. solani* evaluados causaron pudrición de raíces e hipocótilo.

López *et al.* (2016) realizó un estudio sobre la caracterización morfológica y patogénica de varios aislados de *R. solani* procedentes de áreas sembradas de *V. unguiculata* (frijol caupi) en la provincia de Holguín y señalan la amplia diversidad genética de la población de este patógeno en las áreas evaluadas y una alta patogenicidad en todos los aislamientos evaluados.

A nivel mundial existen varios trabajos realizados sobre la bioecología de este patógeno, entre los que se destacan los desarrollados por: Abawi (1994); Allen (1997); Sneh *et al.* (1998); Moussa (2002); Eken *et al.* (2003); Gutiérrez *et al.* (2006); Perdomo *et al.* (2007); Mesa *et al.* (2007); Bolton *et al.* (2010); Fiers *et al.* (2011); Woodhallet *et al.* (2012); Dasab *et al.* (2013) y Yang *et al.* (2016), quienes analizaron las características morfológicas y patogénicas de diferentes aislados

de este organismo, su sintomatología, patogenicidad, ciclo de vida, sobrevivencia, rango de plantas hospedantes, entre otros aspectos.

Mientras otros estudios sobre la influencia que ejercen los factores abióticos sobre el desarrollo de este patógeno y que guardan estrecha relación con la bioecología de este organismo son los relacionados con el tipo de suelo, variables climáticas entre otras, siendo estos llevados a cabo por los siguientes autores: Chet *et al.* (1981); Michael *et al.* (1987); Flados (1988); Beute y Rodríguez (1990); Mihail *et al.* (1998), López (2010), Ramírez *et al.* (2014) quienes señalan, que los suelos arcillosos, de escaso drenaje y oscuros, favorecen la presencia de hongos del suelo y otros organismos con las posteriores afectaciones a los cultivos, dados a las características propias de estos suelos que permiten mayor contenido de humedad y altas temperaturas.

También otras investigaciones realizadas sobre la evaluación agroquímica a diferentes tipos de suelos, muestran que, de los principales elementos presentes en estos, el contenido de materia orgánica puede incrementar la densidad del inóculo y la severidad de la pudrición de la raíz, producida por *R. solani* (Mitchell, (1989); Mayea *et al.* (1998); Martínez y Chang (1993); Sandoval (2003), Vázquez *et al.* (2008); Bolton *et al.* (2010).

Por tanto, el tipo de suelo guarda una estrecha relación con el desarrollo de este organismo. Numerosos autores sugieren tener en cuenta en el caso de *R. solani* los suelos supresivos, ya que estos pueden influir en la manifestación de las enfermedades producidas por este habitante del suelo e incluso de otros patógenos presentes en el, por lo que haremos referencia a este aspecto.

- Suelos supresivos

La existencia de tierras en las cuales ciertas enfermedades infecciosas de las plantas no pueden expresarse, pese a la presencia simultánea del patógeno, del hospedero sensible y de un entorno favorable a la manifestación de la enfermedad, ha sido intuida desde finales del siglo pasado (Rouxel, 1978; Rodríguez-Kabanay Calvet, 1994). Las denominaciones han sido muy variables, aunque en la actualidad la de mayor persistencia es: suelo supresivo califica a aquel tipo de suelo, que es poco o nada receptivo a una enfermedad; el opuesto, conductivo, sensible o no supresivo.

Baker y Cook (1994), conformaron varias clases de suelos supresivos:

- 1) Suelos en los que el patógeno o no puede instalarse, o no puede persistir.
- 2) Suelos en los cuales el parásito puede establecerse, pero causa poco o ningún daño.
- 3) Suelos en los cuales el patógeno se instala y provoca enfermedad que con el tiempo va desapareciendo, aun cuando el patógeno quedee establecido en dicho suelo.

Varios suelos supresivos han sido descritos y ponen de manifiesto que el fenómeno no se limita a especies patógenas de hongos o bacterias, sino que alcanza a fitonemátodos como *Heterodera avenae* (Kerry, 1986). Tampoco se restringen a un área geográfica concreta, pues se encuentran distribuidos por todo el mundo.

Es decir, los suelos supresivos constituyen un fenómeno mundial, como no podría ser menos, dado que la fungistasis es una propiedad de todos los suelos habitados por microorganismos, la cual puede entenderse a través del siguiente ejemplo, el cual es un hecho bien simple y comprobado.

Ejemplo: La inoculación de un suelo estéril o desinfectado con un microorganismo cualquiera no presenta, en general, ninguna dificultad de disponer de un sustrato conveniente y no ser molestado por factores ecológicos hostiles para su establecimiento. Por el contrario, la inoculación del mismo suelo sin esterilizar este, frecuentemente, aboca al fracaso. El proceso explicativo de esta constatación ha sido denominado fungistasis o hipóbiosis (Lockwood, 1964, 1977, 1979, 1988, 1998).

Los suelos supresivos aportan la precisión, es decir, que la respuesta para una misma dosis y tipo de inóculo es bien diferente según el tipo de suelo donde se introduzca el patógeno. De manera que para la tierra denominada supresiva, el ambiente favorable, el hospedante sensible y el inóculo patógeno, permiten una casi nula exteriorización de la enfermedad.

Por tanto, tratando de precisar la intensidad del fenómeno, la respuesta de diferentes tipos de suelo frente a las enfermedades desarrolladas por *R. solani*, también difieren y es un factor de gran importancia para la interpretación del

comportamiento de este organismo en los suelos agrícolas. Nico *et al.* (2003).

En el caso de las variables climáticas como la temperatura y la humedad del suelo, las cuales ejercen también gran influencia en la bioecología de *R. solani*, varias investigaciones realizadas en diferentes regiones del mundo, reportan disímiles rangos que favorecen la presencia de este patógeno.

Así tenemos, que Casanabe y Matsuda (1989); Ogoshi (1991); Bell y Summer (1995); Cedeño y Pantoja (1996); Lim *et al.* (1997); Rajnauth *et al.* (1998); Galindo *et al.* (1999); Bolton *et al.* (2010); López *et al.* (2011) y Zuñiga, (2014) en trabajos realizados en suelos de Japón, Colombia, Argentina, Brasil, Venezuela, Estados Unidos, Pakistán, Panamá, Nicaragua, Ecuador, México y Cuba sobre la temperatura del suelo, señalan que *R. solani* puede sobrevivir y producir abundantes esclerocios y basidiosporas a temperaturas máximas del suelo de 23,6 - 45,4 °C, temperaturas mínimas entre 15 -22 °C y temperaturas medias del suelo de 25- 30,5 °C, siendo estos rangos de temperaturas del suelo elementos de gran importancia en la bioecología de este organismo.

Por su parte, en la humedad del suelo, Mustade, (1986); O'Neill *et al.* (1987); Herrera *et al.* (1988); Lim *et al.* (1989); Schew (1994) y Punja (1995); Garrido (1998); Hadar *et al.* (1999); López *et al.* (2009); Montero *et al.* (2013) aseguran, que este factor climático ejerce un influencia notable sobre *R. solani* y otros patógenos del suelo, favoreciéndose el proceso infeccioso de estos organismos cuando alcanzan los suelos valores próximos a la saturación u ocurren precipitaciones de aproximadamente 100 - 200 mm, debido al alto contenido de humedad, se presentaban daños serios en las plantaciones que repercuten en los rendimientos del cultivo, por lo que se considera que la temperatura y la humedad del suelo como variables climáticas forman parte de las condiciones bioecológicas que influyen en la aparición y desarrollo de este patógeno en los cultivos.

- Control

En Cuba y en el mundo, los estudios dirigidos al control de este patógeno son numerosos, en los que se han evaluado diferentes métodos de lucha que se distinguen de los empleados contra otros organismos patógenos foliares, entre estos se destacan: la integración de prácticas culturales como el

enmendado del suelo con materia orgánica, la rotación de cultivos, el manejo del riego, el control químico, el control biológico, el control físico y el químico, el control integrado, así como otras alternativas utilizadas para reducir las poblaciones y los daños provocados por *R. solani*, muchos de los cuales son reseñados a continuación.

❖ Control biológico

Baker y Cook, citados por Agrios (1998), definen el control biológico como la reducción de la densidad del inóculo o actividad productora de enfermedades, un patógeno o parásito en su estado activo o latente, por uno o más organismos antagónicos, en forma natural o por manejo del habitante, hospedero o de los propios microorganismos. Este tipo de control se basa en la acción antifúngica de bacterias, hongos y actinomicetos, etc. provenientes del suelo, conocidos con el nombre de hiperparásitos o micoparásitos. Ej.: *Trichoderma spvs S. rolfsii*; *S. cepivorum*, *Verticillium dahliae* y *R. solani*, etc. (Chetl, 1980; Baker R, 1984; Strashnov 1985 y Ahmad, 1987).

Entre los estudios sobre el control biológico de *R. solani* en Cubatenemos los desarrollados por Punja (1985); Papavizas (1989); Cuervo *et al.* (1998); Stephanova (2007); González *et al.* (2008), Folgueras (2010); Reyes (2011), Castellanos (2011); López *et al.* (2012) y Ramírez (2014), utilizando el antagonista *Trichoderma sp* y el empleo de bacterias antagonistas y Quitosana, así como la fertilización con micorrizas, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y compost.

Además Bocourt, *et al.* (2009) en suelos de agroecosistema cubanos reportaron, en un suelo Ferralítico Rojo con *Nicotiana tabacum*, *Arachis hypogea* y *Sorghum bicolor*, nueve especies con potencialidades para el control biológico de los hongos del suelo, entre las que citan a: *Aspergillus candidus* Link., antagonista de *Sclerotium cepivorum* y *M. phaseolina*; *Clonostachys rosa* (Link) Schoers, Samuel, Seyfery WW. Gams antagonista de *R. solani* y *Fusarium solani*, y *Paecilomyces lilacinus* (Thorne) Samsan, biocontrolador de *M. phaseolina* y *S. cepivorum*.

A nivel mundial Thara (1994); Mora (1996); Kimm *et al.* (1997); Echávez *et al.* (1997); Durmanet *al.* (1999); Escandeet *al.* (1999), Harman (2007); Tovar

(2008); Demirci *et al.* (2009), Arcos *et al.* (2015), en investigaciones sobre el control biológico de este patógeno, reportan otros microorganismos como antagonistas de *R. solani*, entre los que se encuentran *Bacillus subtilis* (Ehrenberg), *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula, *Pseudomonas cepacia*, *Bacillus cereus*, *Rhizobium leguminosarum* biovar. *Phaseoli*, bacterias del genero *Streptomyces* y *Pseudomonas*, el nemátodo micófago *Aphelencus avenae*, *Gliocadium spp*, *Lateisaria arvalis* (*Corticium sp.*).

❖ Control cultural

Se ha observado, que el manejo de las enfermedades en plantas es más satisfactorio cuando se implementan varias prácticas culturales, como el uso de variedades resistentes a patógenos (SAGARPA, 2000), combinación de prácticas agrícolas (Elad *et al.*, 1980; Eshel *et al.*, 2000), la incorporación de materia orgánica en el suelo (Nico *et al.*, 2002), subsoleo (Rush, 1984; Sibernagel y Mills, 1990; Singleton *et al.*, 1992; Pedroza, 2003), así como la incorporación al suelo de ciertos fertilizantes (Hubert, 1980; Betancourt *et al.*, 2009), entre otros.

En el caso específico de *R. solani* que es un hongo del suelo, la obtención de variedades resistentes al patógeno resulta extremadamente difícil en *R. solani*, dada la naturaleza no selectiva de su parasitismo (Herrera, 2004). Por este motivo el control químico, ya sea a través de la desinfección total del suelo previa a la siembra o trasplante y el empleo de fungicidas específicos aplicados al suelo, o a la base de la planta, continúa siendo el método más empleado en el control de enfermedades causadas por este patógeno. Los distintos inconvenientes asociados al control químico (toxicidad, efectos negativos sobre el medio ambiente, incremento en las restricciones legales al empleo, etc.) han determinado la necesidad de estudiar la adopción de técnicas menos agresivas para el medio ambiente.

Es así como se han estudiado métodos físicos y métodos biológicos, basados en la introducción de antagonistas en condiciones experimentales; sin embargo, las prácticas culturales son alternativas muy eficaces para el control de este patógeno y como método de control, es uno de los que mayormente se utiliza en el mundo, debido a que forma parte de las atenciones agrotécnicas que

recibe el cultivo y no representa ningún riesgo para el ambiente.

Razón por la cual, en Cuba y a nivel mundial existen un cúmulo de investigaciones sobre este tipo de control, en el que se han evaluado varias prácticas culturales las cuales analizaremos seguidamente.

- Uso de emmiendas orgánicas

Lumsden *et al.* (1983) y Blum *et al.* (1996), en estudios realizados para evaluar la adición de emmiendas orgánicas en el control de *R. solani*, obtuvieron una reducción en los valores de infección y distribución de *R. solani* empleando compost de residuos de leguminosas.

Voland y Epstein, (1998); Tuitert *et al.* (2001) y Nico, (2002) en trabajos para evaluar diferentes tipos de emmiendas orgánicas señalan que, las compostas, fertilizantes orgánicos, suelos abonados con compost o estiércol, así como la remoción de los restos del cultivo después de la cosecha y la rotación con un cultivo no susceptible a la enfermedad pueden disminuir los niveles de afectación de la pudrición de la raíz provocada por *R. solani*, ya que pueden reducir el nivel de inóculo en el suelo.

Por otro lado, Nico *et al.* (2003) y Echagüe *et al.* (2008) al investigar emmiendas orgánicas para el control de hongos del suelo plantean, que el agregado de alfalfa al 5 %, la emmienda de harina de pescado al 2 %, así como el uso de barrerastrojos resultó en una reducción significativa de la incidencia y la severidad de *R. solani*

- Rotación de cultivos

Rosado *et al.* (1987) y Hagan (2003) en estudios sobre diferentes esquemas de rotación para el control de hongos del suelo indican, que la resistencia a *R. solani* depende del manejo dado al agroecosistema y destacan la rotación de cultivos como una técnica que garantiza una menor incidencia de este hongo del suelo, además comprobaron que la rotación maíz-frijol, maíz, sorgo, algodón y la mayoría de las hierbas usadas para pastos, así como, la integración de cebolla dentro de los esquemas de rotación de maní y frijol, provocó una significativa reducción del porcentaje de plantas afectadas por

este patógeno de un 25 a un 30 %.

Singh *et al.* (1996); Estévez, *et al.* (1998) y Tuitert *et al.* (2001), en estudios realizados sobre sistemas de rotación indicaron que, el manejo de enfermedades del suelo mediante sistemas de rotación de cultivos puede ser un método más práctico, al intercalar cultivos no compatibles con los principales organismos patógenos que atacan al próximo en la rotación, siendo el ciclo de dichos cultivos de vital importancia en este aspecto.

Por su parte, Hernández (2006) y Ferrucho *et al.* (2012), al evaluar la incidencia de *R. solani* en el cultivo de la papa, encontraron que, en rotaciones cuyo cultivo fundamental fue el frijol común, se cuantificaron densidades de esclerocios por kilogramo de suelo significativamente superiores, que en aquellos donde se cultivó papa, debido al manejo inadecuado de la rotación de cultivos en las áreas evaluadas.

- Labores agrotécnicas

Las labores agrotécnicas pueden emplearse efectivamente para el combate de *R. solani* en varios cultivos, por lo que existen diversos estudios relacionados con esto, entre los que se destacan los realizados por Gurkins *et al.* (1985); Tanaka *et al.* (1993) quienes señalan que, la aradura profunda y un método de cultivo que no acerque suelo y materia orgánica a la base del tallo en los cultivos susceptibles a este patógeno, logra disminuir en un 50 % la densidad del inóculo y disminuir significativamente los daños.

Rush (1994); Mayea *et al.* (1998); Sibernagel *et al.* (2000); Materechera *et al.* (2003); Pedroza (2004), al evaluar diferentes prácticas culturales en el control de *R. solani*, identificaron una mejor respuesta, al combinar el ancho de surco, profundidad de subsoleo, manejo del agua y la inversión del prisma del suelo, a la pudrición de raíz, provocada por *R. solani* y señalan que el subsoleo modifica las propiedades físicas del suelo, favoreciendo una mayor disponibilidad hídrica para las plantas y un mejor movimiento del agua en el suelo, lo cual repercute en un menor impacto de las enfermedades provocadas por *R. solani*.

Betancourt *et al.* (2010), Vázquez *et al.* (2012) al estudiar las propiedades biológicas del suelo y su influencia en los patógenos presentes para definir la

zona de aplicación del laboreo localizado afirman que, con la aplicación del laboreo localizado se han reportado buenos resultados tecnológicos de explotación y económicos, siendo necesario estudiar tanto las propiedades biológicas del suelo como la incidencia de *R. solani*, para definir la zona de aplicación de dicha tecnología en suelo arcillosos y pesados fundamentalmente, dado a las características de estos suelos para la permanencia y sobrevivencia de este patógeno.

- Resistencia varietal

La resistencia varietal ha sido una de las prácticas evaluadas a nivel mundial, en la búsqueda de resistencia genética de los cultivos a las infecciones provocadas por *R. solani*, entre los autores que han llevado a cabo estudios relacionados con este aspecto podemos mencionar a: Singh *et al.* (1996); Schwartz (1997), Estévez *et al.* (1998), Tuitert *et al.* (2001), Vázquez *et al.* (2009), los cuales plantean que debido al alto rango de hospederos que posee este patógeno del suelo, se ha complicado el trabajo de los fitomejoradores en la obtención de resistencia genética y señalan que una de las estrategias que existen para el combate de *R. solani* y otros patógenos del suelo, es el uso de variedades resistentes, aunque este hongo no discrimina genotipos.

López *et al.* (2011), evalúan varias variedades comerciales de frijol caupí en la provincia de Holguín frente a *R. solani* para establecer el uso de variedades con cierta tolerancia al patógeno dentro de las estrategias fitosanitarias al cultivo, recomendando que las variedades de color blanco y rojo son las de mayor susceptibilidad al patógeno.

Además, es importante señalar que los resultados obtenidos en los estudios sobre cada una de las prácticas anteriormente mencionadas en Cuba, han generado dentro del Manejo Integrado de Plagas para el control fitosanitario de este patógeno, específicamente en el control cultural las siguientes medidas, según el INISAV (2003).

- a) Se debe procurar que la semilla no quede enterrada muy hondo al momento de la siembra, pues así se disminuye la cantidad de tejido (debajo del suelo) que queda en contacto con el inóculo.

- b) Bajo la consideración de que el nivel del inóculo puede ser aumentado en el suelo con sucesivas siembras de frijol (común y caupí), se debe implementar una rotación con otros cultivos no hospedantes de la enfermedad (maíz, trigo, cebada, avena, etc.), con lo cual se reduce la incidencia de esta enfermedad.
- c) Los excesos de humedad en el suelo aumentan también la incidencia de la enfermedad. Al respecto, es conveniente mantener un nivel mínimo de humedad en el suelo durante la etapa de germinación de la semilla (V_0).
- d) En todas aquellas zonas productoras bajo condiciones de temporal, la siembra se debe de hacer sobre camas para que pueda mantenerse un buen drenaje superficial.
- e) En las zonas productoras en donde se tenga la opción de escoger diferentes fechas de siembra, se debe tener presente que las plántulas del cultivo, emergen más rápidamente del suelo a temperaturas superiores a 20°C, con lo cual pueden escapar a la infección del hongo.
- f) El uso de semilla limpia de calidad garantizada, impedirá cualquier fuente de infección inicial por esta vía.
- g) Los barbechos profundos a 30 cm, permitirán disminuir la cantidad de inóculo en el suelo, al incorporarse los residuos de cosecha varios meses antes de realizar la siembra.
- h) En terrenos con texturas de suelo muy pesadas (arcillosas) y donde se forman costras después de recibir agua el suelo, el porcentaje de pérdida de plántulas es mayor.

Además recomienda otras medidas preventivas antes y después de las siembras, como parte de las estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para el control de este patógeno, las cuales se relacionan continuación:

- Medidas preventivas antes de la siembra: Varias medidas combinadas de control deben implementarse antes de la siembra, para tener la seguridad de reducir al máximo la incidencia de *R. solani*, en aquellas zonas productoras donde esta enfermedad es común. Estas medidas consistirán en realizar un barbecho profundo, utilizar semilla sana,

desinfectar la semilla con fungicidas y realizar la siembra en camas altas.

- Medidas preventivas después de la siembra: Durante el período aproximado de dos semanas después de realizada la siembra, lo cual cubre las etapas fenológicas de V_0 y V_2 del cultivo, es cuando existe mayor riesgo de que las pequeñas plántulas sean atacadas y dañadas por la enfermedad. Se deberá evitar que se tengan excesos de humedad en el suelo, haciendo un buen manejo del agua.

Por otro lado el IITA (2008), en la "Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central", sugiere que para disminuir la presencia de *R. solani* en el cultivo como parte del control cultural se debe usar semilla sana y nueva (preferiblemente certificada), sembrar en lomillo alto, evitar suelos encharcados, no sembrar a profundidad mayor de 3 cm en suelos contaminados, rotar con yuca, maíz, pastos, trabajar con labranza mínima y usar coberturas (malezas quemadas, restos de caña de maíz, etc.), en suelos muy contaminados arar a 20 cm de profundidad.

❖ **Control químico**

Los intentos de control químico de hongos del suelo han sido infructuosos debido a la poca persistencia de los productos químicos, la existencia de un alto número de hospedantes, proliferación rápida de los organismos patógenos, así como abundante producción de esclerocios, los cuales persisten en el suelo por varios años.

Sin embargo, existen algunos fungicidas que reducen el daño causado por *R. solani* y dan una protección satisfactoria a la semilla durante su germinación y a las plántulas, durante su desarrollo inicial, los cuales han sido evaluados por diferentes autores tales como: Lewis y Papavizas (1987); Abawi y Corrales (1990); Sharma y Sohi (1991); Navarrete y Acosta (1999) quienes realizan estudios para evaluar diferentes fungicidas en el control de *R. solani* señalando, que entre los compuestos químicos que inhiben el crecimiento micelial de este patógeno, se tiene al Naftaleno, derivados del Cloro y Bromo, el Benceno y sus derivados, el Vapam, Campogram, Calixin 75, Captafol, Captam y Benomyl, mientras que el Benomil, Carbendazim y Tridemorfe

pueden utilizarse en tratamientos a la semilla.

Akem y Dashiell, (1991); Farr, *et al.* (1995) en trabajos realizados sobre el uso de varios productos para el control de hongos del suelo, reportan el PCNB (pentacloronitrobenzeno) en cantidades de 6,8 - 13 kg/ha y el Clorotalonil son efectivos para el control de *R. solani*.

Torres (1997), al estudiar las principales enfermedades fungosas del suelo en la papa, fundamentalmente las transmitidas por *R. solani*, señala que para la producción de tubérculos y semilla, se recomienda desinfectar los tubérculos-semillas con fungicidas sistémicos como Benlate durante 3 a 5 minutos, para proteger a las plantas durante la emergencia, y aplicar fungicidas como Tecto al suelo, al momento de la siembra.

Rodríguez *et al.* (2003), en diferentes ensayos realizados en el control de enfermedades radicales transmitidas por semilla de papa, que el control de las enfermedades producidas por *R. solani* cuando el hongo va en la semilla, depende del uso de semillas libres de la enfermedad y la utilización de fungicidas químicos que pueden utilizarse para desinfectar las semillas y ayudar a disminuir la presencia del hongo.

Tello y Lacasa, (2004), exponen resultados con el uso de la formalina para la desinfección del suelo, observando una reducción drástica de la microbiota del suelo apreciable hasta 12 cm de profundidad, específicamente de algunas patologías del suelo como *R. solani*, incluso después de 18 meses de la aplicación.

Resultados positivos *in vitro*, obtuvo Folgueras (2010) con el empleo del TMTD para el control de *R. solani*, al evaluar diferentes fungicidas frente al crecimiento micelial de este patógeno.

❖ Control físico

El control físico, con un gran potencial para el control de organismos patógenos del suelo, no es más que el acolchamiento del mismo con películas de polietileno (solarización), aplicado por primera vez por los israelíes a mediados

de la década de los setenta, donde se colocan cubiertas de polietileno transparentes o plástico fotodegradable sobre el suelo húmedo durante los días cálidos de verano, la temperatura que prevalece en los primeros 5 cm de la parte superficial del suelo puede elevarse hasta 52°C, comparada con un máximo de 37°C en suelos que carecen de acolchado. Esto se mantiene cuando el calentamiento es generado por el sol, el cual inactiva a muchos patógenos que habitan en el suelo.

Varios estudios se han realizado para evaluar este método de control contra patógenos del suelo, entre los que se encuentran los desarrollados por Mont. (1993); Gersonet *et al.* (1995); Ezqueda y Zenteno (1995) al analizar el efecto del acolchado con polietileno sobre la micoflora asociada al frijol han reportado que una solarización de 20 días, se obtiene una mortalidad de los esclerotes de 80% de 5 a 20 cm de profundidad, ejerciendo un control eficaz contra algunas enfermedades causadas por: *F. oxysporium f. sp.*, *Pythium spp*, *Verticillium dahliae*, *R. solani*, *Sclerotium rolfsii*, nematodos e insectos.

Ruiz *et al.* (2001); González *et al.* (2002) en investigaciones desarrolladas en Cuba para evaluar la efectividad de este método en el control de *R. solani*, lograron la reducción de la supervivencia de este patógeno con el empleo de cobertor plástico.

Tello *et al.* (2006), en investigaciones desarrolladas sobre el uso del vapor de agua (100°C) como control físico, observaron que inmediatamente después de la aplicación del vapor, no todos los hongos se aislaban hasta una profundidad de 25 cm y otras especies disminuían su presencia hasta 33 cm de profundidad. Luego de dieciocho meses después, el número de especies era menor que la existente antes de aplicar el vapor de agua.

❖ Otras alternativas de control

Teniendo en cuenta los diferentes métodos de control anteriormente mencionados, para disminuir las poblaciones de *R. solani* y, considerando las necesidades que demanda la agricultura moderna, para generar e implementar tecnologías limpias de bajo impacto al ambiente, de bajo riesgo a los productores, pero igualmente efectivas para el control de enfermedades de los

cultivos, en los últimos años se ha fomentado la investigación sobre las propiedades fungicidas de algunas especies vegetales, que constituyen sistemas alternativos de control de los organismos fitopatógenos (Rey *et al.*, 2000).

Además, como una forma de explorar nuestros recursos vegetales y animales en la búsqueda de compuestos bioactivos, que representen una alternativa en el control de organismos fitopatógenos han sido estudiadas plantas aromáticas, y muchos constituyentes de aceites esenciales por su actividad biológica, entre las que se destacan propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antimutagénicas

El uso de extractos vegetales en el control de patógenos de plantas, es un hecho demostrado en condiciones de laboratorio (Mercado y Rosado, 1986; López y Sánchez, 1988; Svoboda, 1990; Qasem y Abu-Blan, 1996; Bautista *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 1999), en invernadero (González y Guevara, 1990; Bergeron *et al.*, 1995; Lomelí y Ochoa, 1999) y en campo (Salazar *et al.*, 1990; Montes *et al.*, 1990; Insunza y Valenzuela, 1995; Frayre *et al.*, 1996a, 1996b; De Candolle *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 1999).

En el caso específico de *R. solani*, existen numerosas investigaciones, cuyos resultados muestran que es posible la utilización de extractos vegetales o fungicidas de origen botánico, como alternativas fitosanitarias para el control de este hongo del suelo, así tenemos que:

Mercado y Rosado (1986); López y Sánchez (1988); Salazar *et al.* (1990), evaluaron el efecto de compuestos orgánicos liberados por *Cyperus rotundus* L. extractos de crucíferas y residuos de las plantas de gobernadora *Larrea tridentata* y apazote *Chenopodium ambrosioides* L. sobre el crecimiento del hongo *R. solani*, comprobando que el crecimiento de este patógeno se redujo en más de un 90%.

Por su parte, Rodríguez y Sanabria (1999); Ramírez y Chávez (2000), al realizar estudios con el extracto crudo de las raíces de *Heliopsis longipes*, encontraron una máxima actividad antifúngica para los fitopatógenos *S. rolfsii*,

S. cepivorum y *R. solani*.

Gamboa *et al.* (2002); Alvarado *et al.* (2003) al estudiar la inhibición del crecimiento micelial de *R. solani* con extractos vegetales metanólicos de Hojasén (*Flourensia cernua* D.C.), Mejorana (*Origanum majorana* L.) y Trompetilla (*Bouvardia ternifolia* (Ca.) Schlecht.), comprobaron que los tres extractos mostraron un efecto inhibitorio en el crecimiento de *R. solani* con dosis de 4 000 a 20 000 ppm; se logró inhibir hasta en un 86,2% con el extracto de *Flourensia cernua*, el extracto de *Origanum mejorana* mostró el efecto fungicida desde la dosis de 8 000ppm; mientras que el extracto de *Bouvardia ternifolia* a la mayor dosis con tan sólo un 67,2% de inhibición del crecimiento de este patógeno.

Deans y Castillo (2004); Pirajno *et al.* (2004) evaluaron la presencia de metabolitos secundarios en las hojas de algunas especies silvestres que mostraron buena actividad antifúngica contra *R. solani* y además lograron resultados positivos con aceites esenciales de *Laurus nobilis*, *Mentha piperita* y *Ruta graveolaens* contra este patógeno.

Igualmente, Rodríguez y Sanabria, (2005); Zamora-Natera *et al.* (2005) encontraron actividad antifúngica in vitro del extracto crudo de semilla de *Lupinus exaltatus* contra *S. rolfsii*, *Alternaria solani* (Ellis & G. Martin) L.R. Jones & Grout, *R. solani* y *Fusarium* y además demostraron que los extractos vegetales de las especies silvestres *Phyllanthus niruri*, *Lippia organoides* y *Helliotropium indicum*, tienen efecto negativo sobre el crecimiento de *R. solani* y *Bipolaris maydis*, causando una reducción entre el 30 y 80% de la *Rhizoctoniosis* en el cultivo de maíz.

Vaillant *et al.* (2008); Villa y Palencia (2009), al evaluar la actividad fungicida del extracto acuoso de *Tagetes erecta* sobre el crecimiento de *R. solani* en el cultivo de papa, señalan como el extracto vegetal de *Tagetes erecta* tiene propiedades inhibitorias en el crecimiento de este organismo, recomendando la utilización de extractos acuosos en las diferentes unidades de producción que pudieran estar siendo afectadas por *R. solani*, con bajos riegos de contaminación e intoxicación; además, reafirman que esta forma de control

representa una alternativa ecológica de fácil acceso para los productores, dado que la metodología para la preparación de extractos acuosos es sencilla y factible desde un punto de vista técnico y económico.

Otras investigaciones llevadas a cabo a nivel mundial y en Cuba sobre el tema, hacen énfasis en la utilización de la quitina, ya que la misma es un polisacárido que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, constituyendo el segundo polímero más abundante después de la celulosa, forma parte del caparazón de crustáceos, moluscos, insectos y otros seres vivos, cuyo derivado principal es la quitosana, la cual tiene en la actualidad amplios usos en la medicina, así como en la agricultura, ya que aplicada al suelo protege a las plantas contra la toxicidad de los metales y ha sido reportada con efecto directo en la inhibición del crecimiento de hongos fitopatógenos, así como responsable de la activación de mecanismos de defensa en las plantas (Cartaya *et al.*, 2008 y 2009).

❖ Control Integral

Los diferentes métodos de lucha contra las enfermedades causadas por hongos del suelo tienen mayor efecto sobre estos patógenos cuando son aplicadas de forma integrada que cuando se aplican aisladas, por lo que las tendencias actuales se inclinan por un control integrado de las mismas, lo cual permite una reducción más eficiente de sus poblaciones en los cultivos conjuntamente con mayores ahorros económicos y menos riesgos ambientales. Razón por la cual, la mayoría de los trabajos de investigación realizados para el control de plagas y enfermedades tienen como objetivo final, que sus resultados sirvan de fundamento para un manejo integrado en el que se incorporen varios métodos de lucha. En el caso de *R. solani* por ser un patógeno de una gran distribución en los suelos, amplio rango de hospederos, así como de difícil control, existen diversos estudios realizados en Cuba y a nivel mundial sobre su manejo integrado en los que se evalúan diferentes medidas para su control.

En correspondencia con esto tenemos, que Elad *et al.* (1980); Jenkins y Averre

(1986) en trabajos realizados sobre el control integrado de hongos fitopatógenos del suelo reportaron, que la solarización, el empleo de productos químicos, agentes biocontroladores, combinaciones de cultivo profundo y normal con empleo de fertilizantes cálcicos y nitrogenados, propiciaron una disminución considerable del ataque de *R. solani*. Además concluyeron que es positivo evitar el aporque, enterrar los restos vegetales, realizar la selección negativa, el incremento de la distancia de siembra, control de las plantas hospedantes, la rotación de cultivos, aradura profunda, solarización, resistencia varietal, control biológico, demostrando con ello la importancia del control integrado.

Araya y Hernández (2006) al evaluar diferentes medidas de control para reducir las afectaciones por *R. solani* en el frijol común señalan, que la rotación de cultivos (arroz, maíz, yuca, pastos), siembra en tierras bien drenadas o evitar encharcamientos, labranza mínima, uso de semilla de calidad, y tratamiento a la semilla con Benomil, Carboxin + Captan, Clorineb, PCNB, constituyen una estrategia integrada, la cual garantiza una disminución de los daños provocados por este patógeno en más de un 40%.

El Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura, (2008) destaca que no existen variedades resistentes para América Central y establece un programa de manejo integrado que comprende el uso de semilla sana y nueva (preferiblemente certificada), siembra en cantero alto, evitar suelos encharcados, rotar con yuca, maíz, pastos; trabajar con labranza mínima y usar coberturas (malezas quemadas, restos de maíz, etc.) y el tratamiento a la semilla con fungicidas (Benomil, PCNB, Carboxin, Rizolex).

En Cuba el MINAGRI (2010) como resultados de varios estudios para el control de las pudriciones radicales y del tallo en el cultivo del frijol común y caupí recomienda: usar semillas limpias y libres de organismos patógenos, sembrar en suelos con buen drenaje, evitar dañar las raíces, erradicar malezas susceptibles, sembrar cultivos no susceptibles en suelos infestados, y el uso de variedades resistentes cuando sea posible.

De las consideraciones anteriormente expresadas se puede concluir, la necesidad de continuar el estudio de las afectaciones que se producen por hongos del suelo y específicamente por *R. solani* en nuestro país, así como proponer herramientas que posibiliten su control eficiente, como elementos de gran importancia para disminuir sus afectaciones en los cultivos y lograr altos rendimientos agrícolas.

2.8.1.- Métodos de muestreo utilizados en los estudios de *R. solani*

En todo estudio las primeras preguntas que surgen, por lo general, están relacionadas con el muestreo, entre ellas encontramos ¿Por qué muestreamos?, ¿Cuántas muestras tomamos?, ¿Cuándo muestreamos?, ¿Qué muestreamos? (muestreamos ¿áreas?, ¿volúmenes?, ¿plantas?, ¿plagas?, ¿profundidades?, ¿algún tipo particular de suelo?, ¿algún tipo particular de atributo? (Cressie, 2001).

El propósito fundamental de cualquier muestreo, es obtener información acerca del objeto a investigar (Emmen, 2004); sin embargo, no existe un único y óptimo diseño de muestreo que sirva para todas las exigencias (Ovalles, 2005). El objetivo del muestreo es el de hacer inferencias sobre la población de interés, basado en la información contenida en la muestra (Vázquez *et al.*, 2007).

En la evaluación de las plagas y enfermedades que afectan los cultivos, el muestreo constituye el punto de partida de diversas investigaciones a desarrollar y además sobre este se sustentan la ejecución de diversas medidas de control y muy especialmente del Manejo Integrado de Plagas.

En Cuba, en los estudios sobre las plagas y enfermedades que afectan los cultivos entre las cuales se encuentran los patógenos del suelo y específicamente *R. solani*, para las evaluaciones en condiciones de campo, el muestreo utilizado ha sido el diagonal y el diagonal en zig-zag, según la Metodología de Señalización y Pronóstico propuesta por el Instituto de Sanidad Vegetal de Cuba, INISAV (1984) para este organismo, la cual está vigente en

la actualidad, donde se establece tomar 100 plantas en zig- zag sobre la diagonal ó tomar 100 plantas siguiendo la diagonal.

Por su parte, en otras regiones del mundo en los estudios sobre los organismos nocivos a los cultivos y específicamente los relacionados con los patógenos del suelo, también el método de muestreo mayormente utilizado es el método de muestreo diagonal y en algunos casos el de diagonal en zig- zag, en correspondencia con la bibliografía consultada en este trabajo.

Sin embargo, existen otras investigaciones destinadas al estudio de plagas y enfermedades en los cultivos que utilizan otros métodos de muestreo como el muestreo sistemático y dentro de este el sistemático no alineado, cuyas características aparecen detalladas en esta tesis, en los epígrafes 2.9 del Capítulo 2 y en el 3.4 del Capítulo 3.

Destacándose, entre los autores que han utilizado este método de muestreo para evaluar plagas y enfermedades en diferentes cultivos los siguientes: Rojas *et al.* (1997); Villagran *et al.* (2002); González y Manrique (2004); Zapata (2007); Triomphe (2008), Gómez *et al.* (2009); Pupo *et al.* (2011); Milán *et al.* (2013), Rodríguez (2013) quienes señalan, que este tipo de muestreo permite obtener muestras más representativas del área analizada ya que son tomadas de diferentes partes del campo y estas son fácilmente comparables sin necesidad de ajustes estadísticos sofisticados, logra mayor representatividad del comportamiento de las plagas y enfermedades en los cultivos debido a su extensión dentro del área investigada, lo cual garantiza un mayor número de muestras, es recomendable para los estudios de los microorganismos del suelo fundamentalmente los fitopatógenos, ya que posibilita conocer con mayor exactitud el número total de su población presente en una comunidad, permite obtener una mejor estimación de los rendimientos agronómicos en los cultivos agrícolas al analizar más eficientemente el daño producido por las plagas y enfermedades y es de fácil ejecución.

Por tanto, el muestreo sistemático no alineado en correspondencia con lo antes expresado, puede constituir una nueva alternativa para la evaluación de las plagas y enfermedades presentes en los campos de cultivos y

fundamentalmente para las patologías del suelo donde se destaca *R. solani*, al posibilitar ampliar los conocimientos sobre estos organismos y obtener una información más exacta y detallada de sus comportamientos dentro del área evaluada, en aras de poder enriquecer las medidas de manejo integrado destinadas para su control.

2.8.2.- Análisis estadísticos empleados en los estudios de *R. solani*

En toda investigación los métodos estadísticos constituyen una herramienta básica para manejar datos y obtener conclusiones a partir de ellos, además son indispensables para poder diseñar los experimentos científicos, analizar e interpretar los datos correctamente y presentar de una forma apropiada los resultados obtenidos (Agresti, 2007).

Muchos estudios a nivel mundial sobre las plagas y enfermedades en los cultivos, utilizan estos procedimientos estadísticos para interpretar los datos empíricos tomados durante la investigación y demostrar científicamente los resultados obtenidos.

Dentro de estos tipos de análisis, el análisis de varianza como técnica estadística es uno de los más utilizados, el cual permite el estudio de las características medidas u observadas, cuyos valores dependan de varias clases de efectos que operan simultáneamente y mediante este análisis poder decidir si tales efectos son o no diferentes.

En Cuba, algunos estudios sobre *R. solani* han empleado el análisis de varianza, para interpretar los datos obtenidos en diferentes investigaciones realizadas sobre este patógeno, entre los que se destacan autores tales como: González (2004); Stefanova *et al.* (2005); Reyes *et al.* (2007); Varón *et al.* (2008); Espinosa *et al.* (2012); Ramírez (2014); Arcos *et al.* (2015); López *et al.* (2017), fundamentalmente en ensayos sobre la caracterización morfológica y patogénica de este hongo, al comparar la tasa de crecimiento de los aislamientos en medios de cultivos, también en la evaluación de diferentes antagonistas y sus dosis de aplicación, en la determinación de daños en los cultivos, la evaluación de variedades frente a este patógeno, así como en el análisis del efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento de este organismo, entre otros.

Mientras, que otros de los análisis utilizados también son los de asociaciones, el cual expresa las relaciones generales entre las variables observadas y expresa la naturaleza de estas relaciones en forma matemáticamente precisa, de modo que permite predecir el valor de una variable con base a otra. Este tipo de análisis entre las variables posee dos aspectos distintos pero relacionados, un primer aspecto se conoce por análisis de correlación, el cual se ocupa de determinar el grado de relación entre las variables y el segundo aspecto se llama análisis de regresión que trata de establecer la forma de la relación entre las variables. De estos el análisis de correlación es el más utilizado cuando se precisa conocer la relación entre dos variables, la medida más habitualmente utilizada en este tipo de análisis es el coeficiente de correlación lineal de Pearson, que se representa con la letra “r” y mide el grado de asociación lineal entre dos variables cualesquiera. Para un conjunto de datos, el valor r de este coeficiente puede tomar valor entre -1 y $+1$. El valor de r será positivo si existe una relación directa entre ambas variables, esto es, si las dos aumentan al mismo tiempo. Será negativa o si la relación es inversa, es decir cuando una variable disminuye a medida que la otra aumenta. Un valor de $+1$ ó -1 indicará una relación perfecta entre ambas variables, mientras que un valor de 0 indicará que no existe relación lineal entre ellas (Salinas, 2008).

En los estudios sobre *R.solani* desarrollados en Cuba, este análisis se ha utilizado para determinar la relación que existe entre los índices de infección de la enfermedad con los rendimientos del cultivo u algunos parámetros de este, con las variables climáticas, las etapas fenológicas del cultivo, el tipo de suelo, la humedad final del suelo, entre otras (Chaveco, 2006; Stephanova, 2007; Vázquez, 2009; Betancourt, 2010; Folgueras, 2010; López *et al.*, 2011; Vázquez, 2012; López *et al.*, 2015).

Por su parte, el análisis estadístico multivariado que es otro de los más utilizados en los estudios sobre *R. solani* en Cuba, permite comparar dos o más variables que pueden estar interrelacionadas. Este análisis comprende procedimientos y técnicas para la síntesis, la presentación y el análisis multidimensional de caracteres tanto cualitativos como cuantitativos, obtenidos a partir de un número de individuos. Debido a que las variables se consideran

en forma simultáneas, estas técnicas permiten interpretaciones más complejas que las logradas con métodos univariados. Además facilita la comprensión más adecuada y completa en las ciencias biológicas y utiliza las relaciones (correlaciones) entre las variables o entre los objetos, que el método univariado directamente no considera, aprovechando así estas relaciones para buscar en los datos patrones o estructuras, lo cual enriquece la descripción de los mismos (Olmos y Di Renzo, 2004).

Se considera que el análisis multivariado es la simplificación de la estructura de los datos que permite analizar las propiedades de forma integral, es decir, como un universo y no de forma particionada. Las técnicas para el análisis multivariado de datos se clasifican en dos categorías; métodos factoriales y de clasificación. Los métodos factoriales permiten la representación sobre ejes (factores) y planos de objetos que se quieren describir (individuos, variables, modalidades). Se dividen en análisis de correspondencia binaria o múltiple. Los métodos de clasificación cuyo objetivo es la ubicación de individuos de manera espacial de acuerdo con las variables que los identifican, se dividen en: jerárquicos y no jerárquicos y tienen por objeto las relaciones entre individuos. Entre estos se encuentran el análisis discriminante, análisis clúster y el análisis multivariado de varianza (Díaz, 2007).

Así tenemos los trabajos realizados por Rodríguez *et al.* (2005); González, (2007), Bocourt *et al.* (2009); Castellanos (2011); Ramírez (2014); López *et al.* (2016) en el estudio de *R. solani* y sus relaciones con las variables abióticas (climáticas, propiedades físicas y químicas de los suelos, tipos de suelos, fertilización biológica, entre otros) presentes en los Agroecosistemas.

Además es conveniente señalar, que existen otros análisis estadísticos de gran importancia para el estudio de las plagas y enfermedades en los cultivos como son los análisis del gradiente ambiental, que aunque no se encontró referencias de su utilización en los estudios sobre *R. solani*, posibilitan inferir con mayor profundidad las relaciones existentes entre los organismos nocivos presentes en un agroecosistema agrícola y las variables abióticas de mayor influencia en sus desarrollos, así como los rangos de estas variables que ofrecen poca y cierta restricción a su presencia en los cultivos, además son capaces de

explicar, caracterizar el comportamiento espacial de una plaga o enfermedad cuando varían las condiciones del medio. Por lo que se hace necesario tener en cuenta estos, siempre que se pretenda investigar y profundizar en el conocimiento de un organismo determinado y su posterior manejo fitosanitario.

- **Gradiente ambiental**

Se dice que el gradiente ambiental, es un cambio progresivo, agudo o suave, en las características de un ambiente, biomasa o zona geográfica (Pearson *et al.*, 2003) Los gradientes ambientales son aquellos en los que varían simultáneamente distintos parámetros ambientales. Estos parámetros pueden variar de dos formas:

- De forma ordenada: el parámetro aumenta o disminuye secuencialmente a lo largo del gradiente.

- De forma no ordenada: el parámetro aumenta o disminuye de forma no secuencial a lo largo del gradiente.

Se pueden distinguir tres tipos de gradientes ambientales dependiendo del parámetro que varíe:

- Gradientes indirectos: la variable ambiental no influye directamente sobre la especie investigada. Por ejemplo, la altitud, la proximidad al mar...

- Gradientes directos: la variable ambiental influye directamente sobre la especie investigada, pero no es un recurso utilizado por ella. Por ejemplo, la salinidad, la temperatura, el pH.

- Gradientes de recursos: la variable ambiental es un recurso que la especie necesita para su desarrollo. Por ejemplo, la temperatura, la humedad.

La variación de los parámetros ambientales está a menudo relacionada con la distribución de las especies en el campo, lo cual implica que la composición de una especie cambia a lo largo de gradientes ambientales y que las especies tienen dentro de éstos un óptimo ambiental y un rango concretos. Sin embargo, los gradientes ambientales no son directamente observables, pero son imprescindibles para poder explicar los reemplazamientos tanto espaciales como temporales de unas especies por otras, cuando varían las condiciones del medio.

Comprender los factores y mecanismos que regulan la estructura y dinámica de una especie, que puede afectar el desarrollo de un cultivo, es una cuestión fundamental de la Sanidad Vegetal (Marañón *et al.*, 2004). Investigar de qué forma estos factores interactúan y controlan la distribución de las especies, ayuda a explicar la estructura y composición de las comunidades a lo largo de gradientes ambientales. Además, permite anticipar sus trayectorias futuras ante perturbaciones o cambios en las condiciones ambientales y, por tanto, genera un conocimiento y una información más profunda y esencial para lograr una gestión de los ecosistemas de forma más eficaz.

La creciente disponibilidad de observaciones sobre la distribución de las especies que afectan la sanidad de los cultivos, el acceso a información ambiental proveniente de muestreos sistemáticos, así como el desarrollo de métodos estadísticos con el creciente aumento de la capacidad computacional, han generado en las últimas décadas nuevas oportunidades para explorar la estructura de estas especies, a lo largo de gradientes ambientales (Franklin, 1998; Guisan y Zimmermann, 2000; Guisan y Thuiller, 2005).

El estudio de las plagas y enfermedades presentes en los cultivos, se ha fundamentado en gran medida en el análisis de patrones espaciales estáticos y en la identificación mediante modelos correlacionales de los factores (climáticos, topográficos, edáficos) relacionados con los procesos fisiológicos más relevantes que inciden sobre la presencia o ausencia de las especies en un territorio (Cavender-Bares *et al.*, 2004; Coudun *et al.*, 2006). Sin embargo, son necesarios los análisis de gradientes ambientales, que permitan evaluar a profundidad e interpretar mejor la dinámica de estos organismos y predecir sus cambios futuros, particularmente en áreas donde puedan encontrar factores limitantes (ambientales o perturbaciones) para su regeneración y por tanto para su persistencia.

Por tanto, para profundizar en el conocimiento sobre la estructura y la dinámica de los ecosistemas, es necesario conectar explícitamente la dinámica de las poblaciones de especies con los condicionantes ambientales mediante métodos cuantitativos; para ello se requiere tanto información descriptiva a

nivel de comunidad como información experimental a nivel de individuo / población (Purves *et al.*, 2007).

La combinación de técnicas empíricas y teóricas utilizadas recientemente ha supuesto un gran avance en la comprensión de los principales mecanismos que controlan los patrones de distribución y estructura de las comunidades. Una vez que los patrones son detectados, y definidos como una descripción de la variación de la distribución de los organismos, el siguiente paso ha de identificar los factores determinantes de dichos patrones y los mecanismos que los generan y mantienen Quilchano *et al.* (2008).

2.9. Análisis de la variabilidad espacial

En cualquier investigación, necesitamos recoger diferentes muestras de información desde distintos puntos de la zona, para que partiendo de su estudio, podamos realizar generalizaciones y tratar de encontrar conclusiones del “todo”. El fin último, es la estimación de las poblaciones en términos absolutos.

En esta tesis de prestará particular atención a aspectos relacionados con la geoestadística; es importante destacar que este método de análisis espacial considera la posición de la muestra.

2.9.1. La muestra

Por razones prácticas, en lugar de compilar datos de una población entera, usualmente se estudia un subconjunto seleccionado de la población, llamado muestra. Datos acerca de la muestra son recogidos de manera observacional o experimental. Los datos son entonces analizados estadísticamente lo cual sigue dos propósitos: descripción e inferencia.

Si la muestra es representativa de la población, inferencias y conclusiones hechas en la muestra pueden ser extendidas a la población completa. Un problema mayor es el de determinar que tan representativa es la muestra extraída. La estadística ofrece medidas para estimar y corregir por aleatoriedad la muestra y el proceso de recolección de los datos, así como métodos para diseñar experimentos.

La idea sobre la muestra es que a través de un programa de muestreo se pueda obtener información útil para los fines que se persiguen; lo importante es escoger aquel tipo de estimador que nos suministre la información de la manera más segura, rápida y al mínimo coste.

La distribución espacial de las poblaciones es una de las características más importantes que se hacen indispensables conocer si se desea muestrearlas eficientemente, ya que afecta al análisis estadístico de la información obtenida y determina los parámetros específicos que permiten la separación de las especies. Analizar la relación empírica entre la varianza y la media de la muestra, ayuda a comprender dicha distribución. Los tipos clásicos de distribución espacial de las poblaciones, se muestran en la Figura 15.

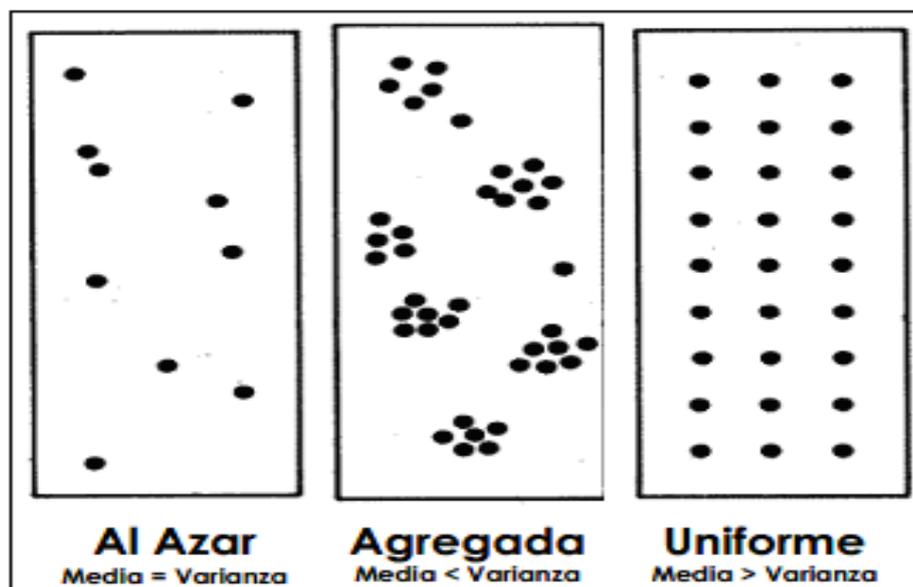


Figura 15. Tipos de distribución espacial (Fuente: www.cartografia.cl).

Distribución al Azar. Una población con este tipo de distribución se identifica cuando cualquier lugar del espacio, tiene la misma probabilidad de ser ocupada y esta ubicación no afecta a la posición de resto de los individuos; en este caso, tanto la media como la varianza de la muestra, son iguales.

Distribución Agregada. La presencia de un individuo influye en la posición de los individuos de su entorno más cercano, por lo que la media de la muestra tiende a ser menor que la varianza.

Distribución Uniforme. Los individuos se localizan de una forma ordenada; en este caso, la media será mayor que la varianza de la muestra.

De forma general conocer el tipo de distribución al que está asociado la muestra, es premisa fundamental para llevar a cabo cualquier estudio geoestadístico sobre la distribución de una plaga en un cultivo y de esta forma, obtener los datos o muestras más apropiadas que permitan recopilar la información necesaria del área o zona analizada.

2.9.2. Análisis geoestadístico

Cuando se registra el cambio en la incidencia en el tiempo de una enfermedad en una población de plantas, las tendencias se pueden expresar por medio de una curva de desarrollo de la enfermedad. El análisis de la curva de incremento de incidencia en el tiempo, permite conocer mejor la enfermedad y desarrollar formas más eficientes de control (Van der Plank, 1963; Madden, 1980; Pfender, 1982; Campbell y Madden, 1990). Además, el patrón de distribución de una enfermedad en el espacio puede ser también de utilidad para el manejo de las plagas y enfermedades de los cultivos.

Una herramienta para describir el patrón de distribución espacial de una variable la geoestadística, la cual es la ciencia que se encarga del estudio de las variables numéricas distribuidas en el espacio y de la adecuada interpretación y evaluación de dichas variables (Goovaerts, 1997).

La geoestadística fue introducida en Ciencias de la Tierra para cuantificar la dependencia espacial (autocorrelación) de yacimientos de oro, y ha sido aplicada en agroforestería, agronomía, entomología y fitopatología (Burgess *et al.*, 1981; Lecoustre y Reffye, 1986; Chellemi *et al.*, 1988; Schotzko y O'Keeffe, 1990; Webster y Boag, 1992; Van de Lande, 1993 y Delaville *et al.*, 1996).

Esta ciencia, comprende a un conjunto de herramientas y técnicas que sirven para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio. Debido a su aplicación orientada a los SIG, también se podría definir como la estadística relacionada con los datos geográficos, de ahí se le conozca además como estadística espacial.

Tiene la ventaja de caracterizar la distribución espacial en un espectro de escalas y direcciones múltiples, además de ser independientes de la relación entre la media y la varianza.

Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos, a través de su exacta localización espacial. La Geoestadística permite, además, elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988; Olivier y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Liebhold *et al.*, 1993; Midgarden *et al.*, 1993; Wallacey Hawkins, 1994; Brenner *et al.*, 1998; Estrada, 1998; Liebhold y Sharov, 1998; Speight, *et al.*, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001 y Blom y Fleischer, 2001), formando gradientes de la intensidad de la enfermedad (Nava, 2009).

La Geoestadística parte de la observación de que la variabilidad o continuidad espacial de las variables distribuidas en el espacio tienen una estructura particular, desarrollándose herramientas matemáticas para el estudio de estas variables dependientes entre sí, llamadas variables regionalizadas.

A partir de un conjunto de muestras tomadas en zonas donde existe un tema a estudiar, estos procedimientos permiten la descripción o caracterización de las variables con dos fines diferentes; primero, proporcionar valores estimados en localizaciones de interés y segundo, generar valores que en conjunto presenten iguales características de dispersión que los datos originales.

Los fenómenos distribuidos en el espacio presentan un carácter mixto, por un lado, un comportamiento caótico o aleatorio a escala local, y por otro lado, un comportamiento estructural en el esquema general (Figura 16).

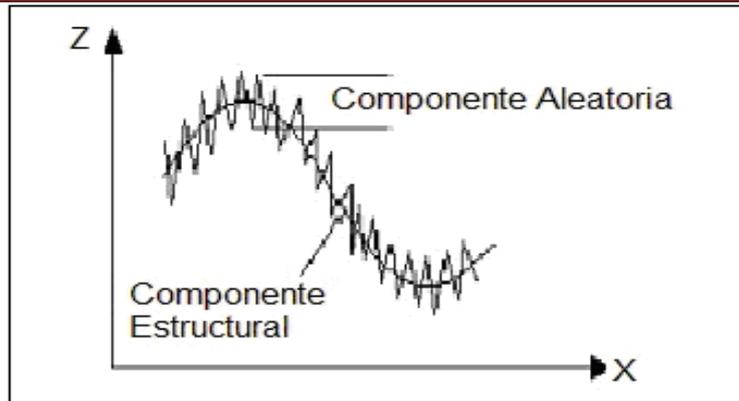


Figura 16. Representación gráfica del carácter mixto de una variable distribuida en el espacio. (Fuente: www.cartografia.cl).

Se puede entonces decir, que a cada punto X del espacio se le asocia una variable aleatoria (VA) $Z(x)$, para dos puntos diferentes se tendrán dos variables aleatorias (VAs) $Z(x)$ y $Z(y)$ diferentes pero no independientes, y es su grado de correlación el encargado de reflejar la continuidad del objeto de estudio, de manera que esta técnica es la determinación de la función de correlación espacial de los datos.

Su estimador, el Kriguaje, tiene como objetivo encontrar la mejor estimación posible a partir de la información disponible. El valor estimado obtenido $Z^*(x)$ de un valor real y desconocido $Z(x)$, consiste en una combinación lineal de pesos asociados a cada localización donde fue muestreado un valor $Z(x_i)$, donde $i = (1, 2, \dots, n)$ del fenómeno estudiado, observando dos condiciones fundamentales:

- El estimador debe ser insesgado $E [Z^* - Z] = 0$
- La varianza $\text{var} [Z^* - Z]$ sea mínima, consiguiéndose minimizar la varianza de error de estimación.

A diferencia de otros métodos, en el método de Interpolación por Kriguaje, su uso implica un análisis previo de la información, con el objetivo de definir o extraer de esta información inicial, un modelo que represente su continuidad espacial. Una vez logrado, estamos en condiciones de obtener el mejor valor posible en cada localización o bloque a estimar a partir de los datos medidos, acompañada de la varianza de Kriguaje como medida del error de la estimación

realizada.

Una Variable Regionalizada es simplemente una función $f(x)$ que toma valores en todos los puntos (X, Y, Z) en el espacio. En nuestro caso, el dato Z será el número de insectos recogidos en cada trampa por cada plaga. Sin embargo, es muy normal que estas funciones varíen irregularmente en el espacio, por lo que impiden su estudio matemático directo y se hace necesario realizar un análisis de variabilidad de la información disponible. En este aspecto, surgirá un estudio profundo de la función variograma.

Una variable aleatoria es una variable que puede tomar ciertos valores, de acuerdo a cierta distribución de probabilidades. Un valor medido en cada punto x_i es considerado como una realización $Z(x_i)$ de una VA $Z(x_i)$ cuya media es $m(x_i)$. En los puntos x donde no existen valores medios es desconocida la propiedad que se estudia, pero están bien definidos y pueden asimismo considerarse variables aleatorias $Z(x)$.

Al conjunto de todas las mediciones $Z(x)$ en el área de estudio de las variables regionalizada, puede considerarse como una realización particular del conjunto VAs $(Z(x), x \in \text{área de estudio})$. A este conjunto de VAs se le llama Función aleatoria y se escribe $Z(x)$. De modo que al extender el concepto de función aleatoria al espacio de una o más dimensiones, aparece la noción aleatoria y estructural de una variable regionalizada: primero $Z(x)$ como VA y segundo que las VAs $Z(x)$ y $Z(x+h)$ no son en general independientes, sino que están relacionadas por la estructura espacial de la variable regionalizada original $Z(x)$.

En definitiva, en la ciencia Geoestadística se parte de una hipótesis de partida, *“Los datos que se encuentran próximos entre sí, tendrán valores más homogéneos que los datos que se encuentran alejados entre sí”*.

La forma en que se presenta la información es muy diversa, la geoestadística se construye asumiendo condiciones de estacionalidad. Por lo que es necesario aceptar el cumplimiento de ciertas hipótesis sobre el carácter de la función aleatoria o procesos estocásticos estudiados, llamados Hipótesis de

partida de la Geoestadística.

I- Estacionariedad Estricta. Se dice que $Z(x)$ es estrictamente estacionaria, si la función de distribución de probabilidades de las variables aleatorias regionalizadas $Z(x_i)$ son iguales entre sí, independiente de la localización x_i , lo que requiere que los momentos de distinto orden para cada variable aleatoria regionalizada sean completamente independientes de la localización x_i . Esta condición, como su nombre lo indica, es demasiado restrictiva al estudiar la mayoría de los fenómenos encontrados en la práctica.

II- Estacionariedad de Segundo Orden. Esta condición es más frecuente en la práctica, la misma exige que:

- 1) $E \{Z(x_i)\} = m$, existe y no depende de la localización x_i .
- 2) La función covarianza, $Cov \{Z(x_i) - Z(x_j)\}$, exista y sólo dependa de la longitud del vector $h = x_i - x_j$, ó sea:

$$C(h) = Cov \{Z(x_i), Z(x_j)\} = E \{Z(x_i), Z(x_i + h)\} - m^2 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Esta hipótesis requiere la estacionaridad sólo para la media y para la función de covarianza de la variable aleatoria regionalizada. La segunda condición implica, estacionaridad de la varianza y del variograma.

$$1ro \text{Var} [Z(x_i)] = E \left\{ [Z(x_i) - m]^2 \right\} = C(0) \quad \forall x \quad \text{Ec. (1.2)}$$

$$2do \gamma(h) = E \left\{ [Z(x_i)]^2 \right\} - E[Z(x_i), Z(x_i + h)] \quad \forall x \quad \text{Ec. (1.3)}$$

$$\text{Como } E[Z(x_i), Z(x_i + h)] = C(h) + m^2$$

$$\text{Y } E[Z^2(x_i)] = C(0) + m^2$$

$$\gamma(h) = C(0) + m^2 - (C(h) + m^2) \quad \text{Ec. (1.4)}$$

$$\gamma(h) = C(0) - C(h) \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Como se observa en la última expresión $\gamma(h)$ y $C(h)$, son dos herramientas que permiten expresar la correlación entre la variable aleatoria regionalizada $Z(x_i)$ y $Z(x_i+h)$, separadas por el vector h .

III- Hipótesis Intrínseca. Una función aleatoria $Z(x)$ se dice intrínseca cuando:

a) Su esperanza matemática existe y no depende de la localización x_i .

$$E \{Z(x)\} = m \forall x \quad \text{Ec. (1.6)}$$

b) Para todo vector h el incremento $[Z(x+h) - Z(x)]$ tiene varianza finita y no depende de la localización x_i :

$$\text{Var} \{Z(x+h) - Z(x)\} = E \{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} = 2\gamma(h) \forall x \quad \text{Ec. (1.7)}$$

Cuando se cumple esta condición se dice que la función aleatoria $Z(x)$ es homogénea. Esta condición se encuentra con bastante frecuencia en la naturaleza, pues existen muchos procesos que no tienen varianza finita y sin embargo, poseen una función variograma finita.

La estacionaridad de segundo orden, siempre implica la condición intrínseca (homogeneidad), sin embargo la relación inversa no siempre se cumple.

IV- Procesos Cuasiestacionarios. En la práctica la función estructural, covarianza o semivariograma, es sólo usada por límites $|h| \leq b$. El límite b representa la extensión de la región en la que el fenómeno estudiado conserva cierta homogeneidad del comportamiento de $Z(x_i)$.

En otros casos, b pudiera ser la magnitud de una zona homogénea y dos variables $Z(x)$ y $Z(x+h)$ no pueden ser consideradas en la misma homogenización de la mineralización si $|h| > b$. En tales casos podemos, y verdaderamente debemos, estar satisfechos con una función estructural $C(x, x+h)$ o $\gamma(x, x+h)$, lo que no es más que estacionalidad local (para distancias h menores que el límite b).

Esta limitación de la hipótesis de estacionaridad de segundo orden (o la hipótesis intrínseca si sólo el variograma es asumido) a sólo esas distancias $|h| \leq b$ corresponde a la hipótesis de cuasiestacionaridad. Está hipótesis es verdaderamente un compromiso de la escala de homogeneidad del fenómeno y la cantidad de datos disponibles.

En la práctica, por tanto, son dos las hipótesis que se tienen en cuenta:

- La Estacionaridad de Segundo Orden
- Hipótesis Intrínseca

Estas condiciones de estacionaridad que se asumen en el desarrollo teórico, en la práctica deben de ser verificadas en los datos disponibles antes de comenzar un estudio geoestadístico.

2.9.3. Fases de un estudio geoestadístico

Para la correcta obtención de un mapa de previsión de datos, se deben cumplir una serie de fases claramente diferenciadas:

- A.** Análisis Exploratorio de los datos
- B.** Análisis Estructural o Variografía
- C.** Interpolación o Estimación Espacial. Krigead
- D.** Validación del Modelo Geoestadístico.

A. Análisis Exploratorio de los datos

Con el objetivo de conocer la información disponible, se puede hacer un análisis exploratorio, basado en la estadística descriptiva. A continuación se presenta un resumen de los conceptos necesarios de estadística básica que se han tenido que repasar.

Estadística descriptiva

Permiten determinar si la distribución de los datos es normal, log normal, o si no se ajustan a una distribución estadística, lo cual implica tener conocimiento de:

Número de casos: Es el número de valores muestreados del fenómeno en estudio, representados por n y los datos por x_i ($i = 1, \dots, n$) que llamamos distribución.

Rango de la distribución: Es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo.

Media: Es la media aritmética de la distribución, dado por la fórmula

$$X_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \text{Ec (1.8)}$$

Moda: Es el valor más frecuente de la distribución.

Mediana: Es el valor para el cual la mitad de los datos son menores y la otra mitad están por encima de este valor.

Si ordenamos los datos en orden ascendente podemos calcular la mediana como.

$$M = \begin{cases} X_{(n+1)/2} & \text{si } n \text{ es impar.} \\ (X_{n/2} + X_{n/2+1})/2 & \text{si } n \text{ es par.} \end{cases} \quad \text{Ec (1.9)}$$

La mediana es también llamada percentil 50, además los datos no solo se dividen en dos grupos, sino que se pueden dividir en cuatro partes, cuartiles, donde $Q1 =$ percentil 25, $Q2 =$ Mediana y $Q3 =$ percentil 75, si los datos se dividen en 10, tenemos los deciles.

De forma general estas medidas se pueden calcular por $[p(n+1)/100]$ ésima observación de los datos ordenados ascendentemente, donde p es el percentil que se desea calcular.

Varianza: Describe la variabilidad de la distribución. Es la medida de la desviación o dispersión de la distribución y se calcula por:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2 \quad \text{Ec. (1.10)}$$

La razón principal por la que se aboga por la división entre $n-1$ en la estimación de la varianza, es porque proporciona un mejor estimado; si dividimos por $n - 1$ nos referimos a la varianza muestral S^2 como un estimador insesgado de la varianza poblacional σ^2 .

Esto significa que si un experimento fuera repetido muchas veces se podría esperar que el promedio de los valores así obtenidos para S^2 igualara a σ^2 . Por otra parte, si dividimos entre n los valores obtenidos para S^2 , serían como promedio demasiado pequeño.

Desviación estándar: Describe la tendencia o dispersión de la distribución. Es la medida de desviación alrededor de la media. Se calcula por:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad \text{Ec. (1.12)}$$

Coficiente de asimetría: Describe la simetría de la distribución relativa a la distribución normal. Se calcula por:

$$\alpha_3 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^3}{S^3} \quad \text{Ec. (1.13)}$$

En la distribución normal la asimetría tiene valor cero, un valor negativo indica una cola a la izquierda y un valor positivo indica una cola a la derecha. Este valor, tal y como veremos más adelante, nos informará si debemos o no realizar transformación de los datos para poder obtener mejores resultados.

Curtosis: Describe el grado de esbeltez de la distribución, tomado por lo general en relación a una distribución normal, y se puede calcular por:

$$\alpha_4 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^4}{S^4} \quad \text{Ec (1.14)}$$

La distribución normal tiene curtosis igual a tres, y es llamada mesocúrtica. A las distribuciones más agudas, con colas relativamente anchas, se les llama leptocúrticas, tienen valores de curtosis mayores que tres. Las distribuciones más bien achatadas en el centro, se llaman platicúrticas, tienen valores menores que tres, en ocasiones se acostumbra a definir la curtosis como $\alpha_4 - 3$.

Error estándar: Describe el grado de conocimiento de los datos y se puede calcular por:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \quad \text{Ec (1.15)}$$

La distribución normal tiene un valor de error estándar menor que 1,25 y la distribución log normal o una distribución con tendencia positiva, tiene valores de error estándar mayores que 1,25.

Coficiente de variación: Es la dispersión relativa al valor medio, es decir, es una medida de la variación relativa de los datos y puede ser calculado por:

$$CV = \frac{S}{X_m} \quad \text{Ec (1.16)}$$

Proporciona una comparación entre la variación de grandes valores y la variación de pequeños valores. Este valor, también nos informará de la existencia o no de outliers.

B. Análisis Estructural o Variografía

Una vez realizado este estudio estadístico de los datos, nos acercamos al Análisis Estructural o Estudio del Semivariograma que consta de dos pasos:

1. El cálculo del semivariograma experimental.
2. El ajuste a este de un modelo teórico conocido.

El cálculo del semivariograma experimental, es la herramienta geoestadística más importante en la determinación de las características de variabilidad y correlación espacial del fenómeno estudiado; es decir, tener conocimiento de cómo la variable cambia de una localización a otra, representando el útil más importante de que dispone el geoestadístico para el análisis del fenómeno de la variable de distribución espacial en estudio. Este análisis tiene como condicionantes: la distribución estadística, la existencia de outliers, la presencia de zonas homogéneas o posibles zonaciones en la distribución de las leyes.

En primer lugar se calculará el Semivariograma Experimental, proporcionando una idea inicial de la variabilidad espacial de los datos, siendo el más idóneo para representar u obtener una estructura clara y definida.

El Semivariograma Experimental obtenido no es utilizado en el proceso de estimación, sino que debe ser ajustado a éste uno a varios modelos teóricos, obteniéndose un modelo o función analítica que caracteriza la continuidad espacial de la variable estudiada. En general el ajuste a modelos teóricos para la determinación de los parámetros del semivariograma se realiza de forma visual.

Finalmente debe obtener se uno o varios modelos de semivariogramas con los correspondientes valores de meseta y alcance. El modelo de semivariograma seleccionado debe representar fielmente los aspectos que se suponen

importantes del semivariograma experimental que serán usados posteriormente en el proceso de estimación o simulación.

Para el cálculo del semivariograma definimos la media aritmética de todos los cuadrados de las diferencias entre pares de valores experimentales separados una distancia h , o lo que es lo mismo, la varianza de los incrementos de la variable regionalizada en las localizaciones separadas una distancia h .

$$\text{Var}\{Z(x+h) - Z(x)\} = 2\gamma(h) \quad \text{Ec (1.17)}$$

La función $\gamma(h)$ se denomina semivariograma, la cual puede ser obtenida por la expresión:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_p(h)} \sum_{i=1}^{N_p(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Ec (1.18)}$$

Donde:

$N_p(h)$: es el número de pares a la distancia h .

h : es el incremento.

$Z(x_i)$: son los valores experimentales.

x_i : localizaciones donde son medidos los valores $Z(x_i)$.

Esta expresión de $\gamma(h)$ representa el útil más importante en todo estudio geoestadístico.

El paso siguiente (Figura 17) será evaluar la expresión del semivariograma para todos los pares de localizaciones separadas a la distancia h .

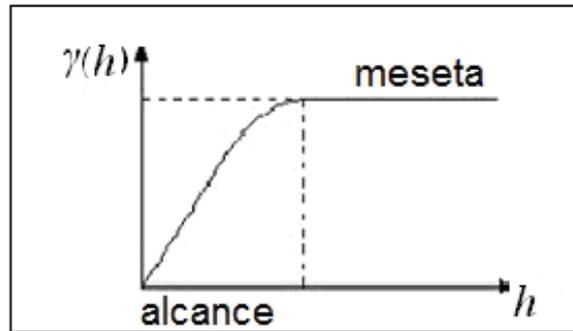


Figura 17. Gráfico de la función $\gamma(h)$.

El gráfico de $\gamma(h)$ tiene las siguientes características:

1. Pasa por el origen (para $h = 0$, $\gamma(h) = 0$)
2. Es en general una función creciente de h . A medida que va aumentando h , los pares de puntos se van separando y la diferencia de valores será mayor, que vendrá aparejado de incrementos de $\gamma(h)$.
3. En la mayor parte de los casos $\gamma(h)$ crece hasta cierto límite llamado meseta, en otros casos puede crecer indefinidamente.
4. El comportamiento en el origen puede tener diferentes formas:
 - Parabólico (Figura 18 (a)): Caracteriza a una variable muy regular, siendo continua y diferenciable.
 - Lineal (Figura 18 (b)): Caracteriza a una variable continua, pero no diferenciable, es decir menos regular.
 - Discontinuidad en el origen (Figura 18 (c)): "Efecto de pepita", es el caso en que $\gamma(h)$ no tiende a cero cuando h tiende a cero. Representa a una variable muy irregular.
 - Discontinuo puro (Figura 18 (d)): Llamado también ruido blanco, representa el caso de mayor discontinuidad, siendo el caso límite de ausencia de estructura, donde los valores de dos puntos cualesquiera no tienen correlación alguna.

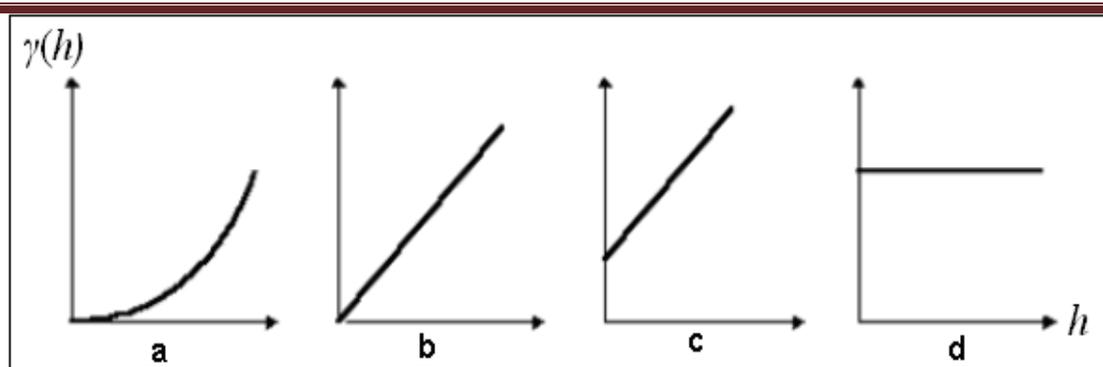


Figura 18. Comportamiento del variograma en el origen (a. Parabólico; b. Lineal; c. Efecto Pepita; d. Discontinuo puro).

Las distribuciones con valores extremos pueden conducir a la obtención de un semivariograma fuertemente errático. En este caso la solución puede ser simple, eliminar los datos extremos, porque pueden ser ocasionados por errores, en otros casos pueden encontrarse en zonas geográficamente distintas y pueden ser tratados de manera separada.

El problema fundamental en la obtención de un semivariograma correcto es, la elección adecuada de los intervalos de distancias para los cuales será calculado el semivariograma, de modo que en éstos la cantidad de pares encontrados sea suficiente desde el punto de vista estadístico.

Modelado de semivariogramas

Una vez construido el semivariograma experimental es necesario ajustar a este un modelo teórico, con el objetivo de determinar los parámetros descriptivos del semivariograma que posteriormente serán usados en la estimación.

Parámetros del semivariograma

Los parámetros del semivariograma (Figura 19) caracterizan tres elementos importantes en la variabilidad de un atributo que son: la discontinuidad en el origen (existencia de efecto de pepita), el valor máximo de variabilidad (meseta), y el área de influencia de la correlación (alcance).

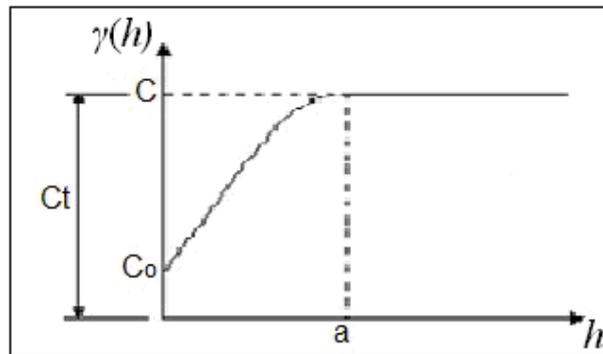


Figura 19. Parámetros del semivariograma.

El Efecto Pepita (Nugget): El semivariograma por definición es nulo en el origen, pero en la práctica las funciones obtenidas pueden presentar discontinuidad en el origen, a esta discontinuidad se le llama efecto de pepita (en inglés: *Nugget effect*). Puede ser obtenido trazando una línea recta entre los primeros puntos del semivariograma empírico y extender ésta hasta que se intercepte con el eje Y. Si esta intersección ocurre por debajo de cero, el valor asumido por este efecto es cero, pues valores negativos de $\gamma(0)$ no tienen significado y no es común. El efecto pepita se representa como C_0 .

La Meseta (Sill): Es el valor de $\gamma(h)$ para el cual con el aumento de h , su valor permanece constante, se representa como ($CT = C + C_0$) y se denomina meseta. Puede obtenerse trazando una línea paralela a la abscisa y que se ajuste a los puntos de mayor valor del semivariograma y su valor se lee en la intersección de esta línea con la ordenada.

El Alcance (Rango): La distancia h para la cual las variables (x) y $Z(x+h)$ son independientes, se denomina alcance y se representa por (a) , es decir, las distancias para la cual los valores de la variable dejan de estar correlacionados, o lo que es lo mismo, la distancia para la cual el semivariograma alcanza su meseta. El alcance siempre tiene valor positivo y puede ser obtenido por la intersección de las líneas descritas en los puntos anteriores, ese punto leído en la abscisa es una fracción del propio alcance, fracción que se detallara posteriormente en la explicación de los modelos teóricos.

Modelos teóricos de semivariogramas

Los modelos teóricos de semivariogramas admisible o autorizados más utilizados en la práctica se presentan atendiendo a las dos características más importantes en el modelado de semivariogramas que son:

- 1.- Su comportamiento en el origen, el cual puede ser lineal, parabólico y con Efecto de Pepita
- 2.- La presencia o ausencia de meseta.

Estos modelos son:

Efecto de Pepita (Figura 20): Corresponde a un fenómeno puramente aleatorio (ruido blanco), sin correlación entre las muestras, cualquiera sea la distancia que las separe, donde C representa el valor de la meseta.

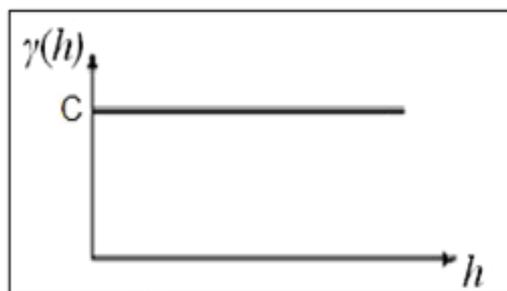


Figura 20. Modelo del efecto pepita.

Modelo Esférico (Figura 21): Este modelo es probablemente el más utilizado, es una expresión polinomial simple, se puede observar un crecimiento casi lineal y después a cierta distancia finita del origen se alcanza una estabilización, la meseta.

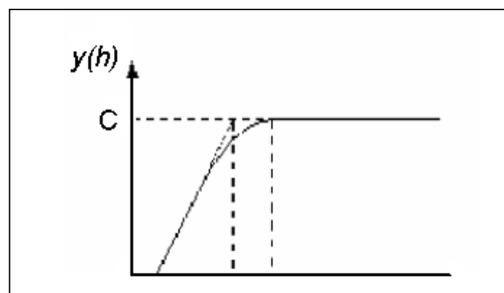


Figura 21. Modelo esférico.

Modelo Exponencial (Figura 22): Este modelo a diferencia del esférico, crece inicialmente más rápido y después se estabiliza de forma asintótica.

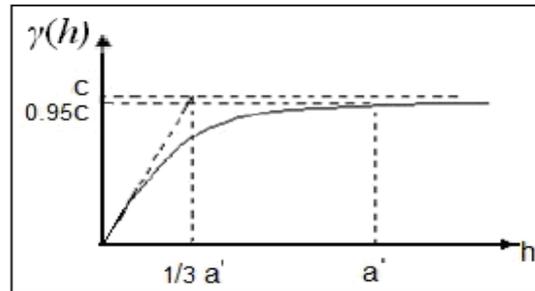


Figura 22. Modelo exponencial.

Modelo Gaussiano (Figura 23): Este es un modelo extremadamente continuo, inicialmente presenta un comportamiento parabólico en el origen, después al igual que en el modelo Exponencial se alcanza la meseta de forma asintótica.

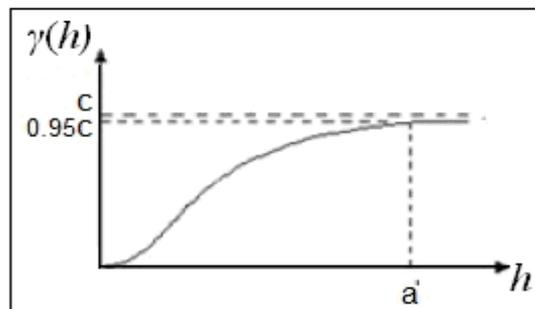


Figura 23. Modelo gaussiano.

La selección del modelo y los parámetros apropiados a las características del semivariograma empírico para ser usados en la interpolación geoestadística, es el punto más importante en el proceso.

C. Interpolación o estimación espacial. El Krigado

Existen diferentes métodos para realizar una interpolación de datos espaciales, como por ejemplo la triangulación, el inverso de distancias, etc.

El Krijaje o krigado permite estimar valores desconocidos usando la estructura de la dependencia espacial que contienen un modelo de semivariograma, y, además proporciona errores de estimación.

Matemáticamente, el kriging es una técnica de estimación que proporciona el mejor estimador lineal imparcial, y que además proporciona un error de estimación conocido como varianza de kriging que depende del modelo de variograma obtenido y de las localizaciones de los datos originales. Esto brinda la posibilidad de hacer análisis sobre la calidad de las estimaciones.

Planteamiento del problema del kriging

El problema del Kriging consiste en encontrar la mejor estimación lineal posible, teniendo en cuenta la información disponible, mediciones que han sido obtenidas tanto dentro de la zona de estudio como del exterior. El Kriging consiste en efectuar una ponderación, es decir, atribuir un peso a cada valor observado, los pesos son calculados de manera que minimice la varianza de estimación resultante, teniendo en cuenta las características geométricas del problema. Al minimizar la varianza estimación, se garantiza el uso óptimo de la información disponible.

Ecuaciones del kriging

Se dispone de los valores muestreados $Z(x_i)$, $i=1, \dots, n$, y deseamos estimar un valor de la característica observada en el punto $Z(v)$ por una combinación lineal de $Z(x_i)$.

$$Z^*(v) = \sum \lambda_i Z(x_i) \quad \text{Ec (1.19)}$$

Donde $Z^*(v)$ es el valor estimado y λ_i son los pesos de kriging, de modo que los λ_i sean obtenidos de tal forma que proporcione un estimador insesgado:

$$E [Z^*(v) - Z(v)] = 0 \text{ y de varianza mínima } \text{Var} [Z^*(v) - Z(v)].$$

La geoestadística exige como primera etapa y fundamental, el conocimiento del comportamiento estructural de la información; es decir, se debe contar además, con el modelo de semivariograma teórico que refleje fielmente las características de variabilidad y correlación espacial de la información disponible, discutido anteriormente.

Teniendo en cuenta las hipótesis de la geoestadística se pueden obtener las ecuaciones del kriging para los siguientes casos: función aleatoria estacionaria de esperanza nula o conocida, método conocido como Kriging

Simple, para una función aleatoria estacionaria de esperanza desconocida, y una función aleatoria intrínseca, método conocido para los dos últimos casos como Krigeaje Ordinario.

Krigeaje Simple

Estimador:

$$Z^*(v) = \sum \lambda_i Z(x_i) + m(1 - \sum \lambda_i) \tag{Ec (1.20)}$$

Sistema:

$$\sum \lambda_i C(x_i, x_j) = C(x_j, v) \quad j = 1, \dots, n \tag{Ec (1.21)}$$

Varianza de krigeaje:

$$\sigma^2 = C(v, v) - \sum \lambda_i C(x_i, v) \tag{Ec (1.22)}$$

Krigeaje Ordinario (en términos de la covarianza)

Estimador:

$$Z^*(v) = \sum \lambda_i Z(x_i) \tag{Ec (1.23)}$$

Sistema:

$$\sum \lambda_i C(x_i, x_j) - \mu \delta_{ij} = C(x_j, v) \quad i, j = 1, \dots, n \quad \sum \lambda_i = 1 \tag{Ec (1.24)}$$

Varianza de krigeaje:

$$\sigma^2 = C(v, v) - \sum \lambda_i C(x_i, v) + \mu \tag{Ec (1.25)}$$

Krigeaje Universal

Uno de los problemas encontrados al modelar semivariogramas es la existencia de tendencia en los datos, es decir, que los valores medidos aumentan o disminuyen en alguna dirección en el área de estudio. Este es el caso de un fenómeno noestacionario, lo que hace imposible la aplicación del krigeaje presentado hasta ahora.

Geoestadística no lineal

En ocasiones, nos encontramos situaciones con características que las técnicas lineales no permiten modelar datos con alta asimetría. En estos casos se pueden realizar transformación a los datos y obtener configuraciones de estos que si pueden ser explicados por el krigeaje, para lo que se han adoptado variantes como el KrigeajeLog normal, Krigeaje de Indicadores, El Krigeaje Disyuntivo, El Krigeaje de Probabilidades, etc.

D. Validación del modelo geoestadístico

Validación del modelo teórico

Como el ajuste de los modelos teóricos al semivariograma experimental, se realiza de forma visual o interactiva, variando los valores C_0 (efecto de pepita), $C + C_0$ (meseta) y a o Rango (alcance), hasta coincidir con los parámetros que mejor se ajustan, es conveniente validar el modelo seleccionado y los parámetros meseta y alcance escogidos.

El método de validación cruzada ha sido ampliamente utilizado para evaluar el grado de bondad de un modelo de semivariograma y reconocido como un método óptimo de estimación de sus parámetros. La operación de validar un semivariograma teórico ajustado a uno experimental siempre toma mucho tiempo, éste se considera como el último de los pasos importantes del análisis de variabilidad, debido a que una vez obtenido este resultado será utilizado en la estimación por krigeaje en cualquiera de sus variantes.

Validación cruzada

Sea $Z(x)$ una función aleatoria estacionaria con semivariograma $\gamma(h)$, su función de covarianza $C(h)$ viene dada por $C(h) = \sigma^2 - \gamma(h)$ donde σ^2 es la varianza de $Z(x)$.

Sean Zx_1, Zx_2, \dots, Zx_n , los valores de $Z(x)$ en n puntos medidos. La validación cruzada consiste en suprimir el i -ésimo valor medido $Z(x_i)$ y estimarlo a partir del resto de los datos. El valor estimado $Z^*(x_i)$ se calcula por krigeaje, procedimiento explicado más adelante.

Si se repite este proceso para los N puntos, se pueden calcular errores de validación:

$$E(x_i) = Z^*(x_i) - Z(x_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad \text{Ec (1.26)}$$

Así se van probando diferentes valores de los parámetros del semivariograma hasta que los errores de validación cumplen los siguientes criterios estadísticos:

1. El error medio, debe ser aproximadamente igual a cero.

2. El error medio cuadrado, debe ser pequeño.
3. La medida, debe ser igual a uno.
4. La medida, debe ser cero.
5. La medida, $T_5 = Corr \{Z(x_i), Z^*(x_i)\}$, debe ser uno.

2.9.4. Síntesis sobre muestreo y análisis de la información de campo

Una simple labor de recolección de organismos puede dar un indicio de la abundancia o escasez de una especie determinada, según el grado de dificultad que tiene el recolector para localizarla. Si la recolección, se hace considerando la frecuencia de captura en distintos puntos del área de recolección, se tendrá además una idea de su distribución. Sin embargo, aún cuando se tomen datos de sus hábitos alimenticios y tipo de daño, no será posible en forma precisa determinar si está causando daño económico.

El muestreo de los organismos vivos, constituye el cimiento de un edificio, por cuanto a partir de él se construyen las columnas que sustentan la ejecución del Manejo Integrado de Plagas.

Numerosos autores han revisado diversos aspectos relacionados con este tema y los principios básicos que rigen la identificación de plagas, o la estimación de los daños que las mismas ocasionan a los cultivos (Barfield, 1996; Korytkowski, 1998; Emmen, 2001, etc.). Asimismo, Cubillo (1996); Troyo *et al.* (1998), Emmen (2001) y García (2008) refieren la existencia de distintos esquemas de muestreo, que se han empleado en estadística clásica y también pueden ser utilizados en los estudios geoestadísticos. Cabe citar, a otros autores que también hacen referencias a diferentes tipos de muestreo que son utilizados en la estadística tradicional y en la geoestadística, entre los que se destacan:

- Muestreo subjetivo (Petersen y Calvin, 1986; Mulla y Bratney, 2000).
- Muestreo aleatorio simple (Rowell, 1994).
- Muestreo aleatorio estratificado (Schelling, 1970; Petersen y Calvi, 1986; Mulla y Mc Bratney, 2000).
- Muestreo sistemático (Wollenhaupt *et al.*, 1994; Wollenhaupt *et al.*, 1997; Mullay McBratney, 2000; Chapman y Atkinson, 2000).

- Muestreo en rejilla (Scheleu y Muller, 2001; Gómez *et al.*, 1986; Woperis *et al.*, 1988; Paz *et al.*, 1996 a y 1996 b y Gómez Suárez, 1998). Este tipo de muestreo se realiza con frecuencia en geoestadística para la construcción de un semivariograma. Muestreo directo y dirigido.

En la Figura 24, se representan algunos de estos tipos de muestreos.

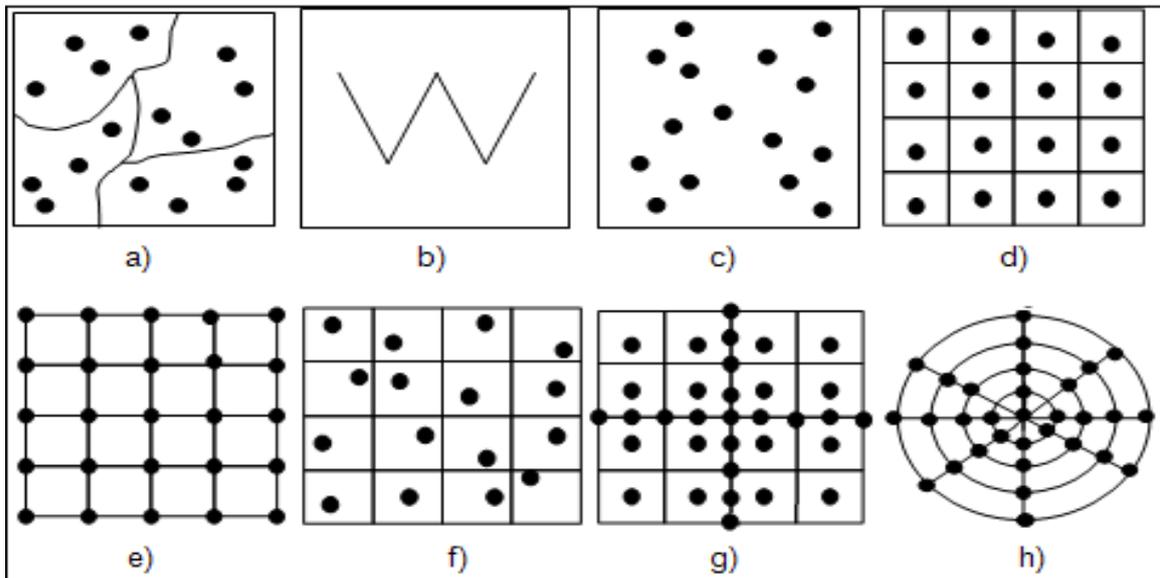


Figura 24. Principales tipos de muestreo: a) Muestreo aleatorio simple; b) Muestreo aleatorio en W; c) Muestreo aleatorio estratificado; d) Muestreo aleatorio sistemático o en rejilla de celdas cuadradas (puntos de muestreo en el medio de las celdas); e) Muestreo sistemático o en rejilla de celdas cuadradas (puntos de muestreo en los vértices de las celdas); f) Muestreo sistemático o en rejilla de celdas cuadradas (puntos de muestreo elegidos al azar dentro de cada celda); g) Muestreo geoestadístico; h) Muestreo en rejilla polar o circular. (Adaptado a Petersen y Calvin, 1986).

2.9.5. La Geoestadística en el análisis de la distribución espacial de plagas y enfermedades en los cultivos

El uso de los métodos y técnicas geoestadísticas para el análisis de los patrones de distribución espacial de las plagas es bastante reciente. Los trabajos realizados en pequeñas parcelas, de menos de 500 m², tanto en sistemas naturales (Schotzko y O'Keeffe, 1989) como agrícolas (Liebhold *et al.*, 1991), han mostrado que las densidades de estos organismos muestran importantes discontinuidades locales, reflejándose en el efecto pepita del variograma; incluso en ocasiones, se encuentra un efecto pepita puro. Como se

indicó con anterioridad, ese efecto pepita probablemente sea fruto de una variabilidad a una escala menor que la de las muestras.

En trabajos realizados en extensiones mayores, se ha comprobado como las poblaciones de plagas y enfermedades pueden distribuirse continuamente en distancias muy variables. Kemp *et al.* (1999), encontraron cómo las poblaciones de saltamontes mostraban distribuciones espaciales relacionadas en distancias que variaban entre 1 y 100 km. Por tanto, las herramientas geoestadísticas constituyen un medio muy eficaz para cuantificar las dependencias espaciales de las poblaciones a distintas escalas.

Si se realizan comparaciones entre los variogramas generados a partir de la captura de individuos o el conteo de órganos de la plantas afectados por organismos patógenos en diferentes momentos, se pueden determinar las relaciones entre los patrones de distribución espacial y la dispersión y mortalidad de estos organismos. Así, Schotzko y O'Keeffe, (1989), compararon en diferentes épocas la distribución espacial de *Lygus hesperus* dentro de una parcela, empleando variogramas, detectando que al principio de la temporada los insectos se encontraban agrupados debido al emparejamiento y a medida que avanzaba la temporada, la población se distribuía más uniformemente.

Por el hecho de existir una importante dependencia espacial en las poblaciones, es importante que las estimaciones del número de individuos en puntos no muestrales se realice a partir de datos obtenidos en puntos cercanos. En numerosos casos relacionados con la ecología y el estudio de las plagas, es precisa la interpolación entre diferentes conjuntos de muestras dispuestas de una forma estructurada o aleatoria. Para un planteamiento eficaz de una estrategia contra las plagas a gran escala, se necesita que la información suministrada por los puntos muestrales sea tratada convenientemente para valorar la necesidad de tratamientos sobre grandes extensiones. En estos casos, el krigeado da lugar a las “mejores estimaciones”, siempre que se cumplan las asunciones en las que se asienta (Kemp *et al.*, 1989).

En muchas ocasiones, cuando se dispone de conteos de insectos, se tiene que las variables aleatorias representadas por los datos no se aproximan a la distribución normal. En el krigado, la minimización del error se realiza suponiendo que se conoce el variograma con exactitud.

En general, el krigado da lugar a la mejor estimación absoluta, es aquel donde la función aleatoria tiene una distribución normal. Por eso, suele realizarse una transformación no lineal de los datos (como $x^{1/2}$ o $\log x$) antes del krigado para hacer que se ajusten a la distribución normal. Sin embargo, con frecuencia, las estimaciones generadas con el krigado, después de aplicarles la transformación inversa, suelen ser sesgadas. La única transformación que, después del krigado y de la aplicación de la transformación inversa a las estimaciones, no genera resultados con sesgo es la logarítmica (Journel y Huijbregts, 1978).

Conviene indicar que la aplicación de la geoestadística no se limita al estudio de las densidades o del conteo de plagas y enfermedades. También se puede utilizar para el análisis de la variación espacial en las características genotípicas y fenotípicas de las distintas poblaciones de organismos (Sokal *et al.*, 1987).

El adecuado control de insectos y enfermedades que inciden en los sistemas de producción agrícola, es uno de los aspectos más importantes en el manejo de cualquier cultivo, tanto desde el punto de vista económico como de la agricultura sostenible (Mazza de Gajad *et al.*, 1996; Hall *et al.*, 1997; Castella *et al.*, 1999). Por ello, cualquier actuación de control va estrechamente ligada al conocimiento de la distribución espacial de estos organismos.

Actualmente, aunque se conoce la distribución de una plaga o enfermedad, muchas veces no se conoce la estructura espacial de dicha distribución en una zona de cultivo, siendo una limitante para poder realizar controles localizados de acuerdo a la presencia de la plaga o la enfermedad dentro de esta. Los controles localizados tendrían un bajo impacto ambiental y optimizarían el uso de recursos.

El conocimiento del patrón de distribución espacial de los diferentes organismos que afectan los cultivos es necesario, ya que no solamente afecta al programa de muestreo y al método de análisis de los datos, sino que además es utilizado para estimar el tamaño de la población, siendo vital en el análisis de las relaciones predador-presa, huésped-parásito (Sevacherian y Stern, 1992).

Los posibles patrones de distribución a los que se ajusta una población de insectos o patógenos en un cultivo dado, ayuda a conocer sus hábitos de vida, su tendencia a agruparse o no en las diferentes etapas de su desarrollo y las preferencias con respecto a su hábitat (Manoiloff *et al.*, 1992; Southwood, 1995), por lo que el conocimiento del modelo de dispersión de los recuentos de campo para estimar variaciones muestrales permite, además, desarrollar planes de muestreo eficientes que proporcionen los elementos necesarios para la toma de decisiones sobre el control de las plagas y enfermedades (Sharma *et al.*, 2000).

Los métodos comúnmente utilizados en la estadística no espacial para el estudio de los organismos nocivos a los cultivos agrícolas, se basan en el uso de las distribuciones estadísticas e índices de dispersión y, por consiguiente, no tienen en cuenta la exacta localización espacial de la muestra. Ello produce ciertos efectos indeseables: estos métodos en ocasiones fallan al diferenciar patrones espaciales diferentes, y sus descripciones de los patrones espaciales son altamente dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990) y no tienen en consideración toda la información espacial disponible.

Por ello, la Geoestadística, que constituye una alternativa para describir los patrones de distribución espacial, que emplea información acerca del valor que toma la variable y además de la ubicación espacial de los puntos de muestreo, a fin de resumir la correlación entre puntos.

El reciente desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de la geoestadística, ha dado impulso a los estudios relativos al análisis de la distribución espacial aplicada a la ecología de los insectos y enfermedades.

Los SIG, mediante programas de ordenador, permiten analizar los datos espaciales (datos georeferenciales) tales como: densidad de insectos, patógenos de plantas, tipo de cultivo o de suelo, los cuales pueden ser incorporados en un SIG para dar lugar a mapas superpuestos o recubrimientos. Sin embargo, la caracterización y los modelos de distribución espacial solo se han podido lograr mediante la Geoestadística que correlaciona los datos en el espacio y en el tiempo, obteniendo por interpolación los datos espaciales intermedios (Burrough y McDonnell, 1998).

Por tal motivo en los últimos años se han realizado varios estudios sobre el análisis de la distribución espacial de insectos y algunas enfermedades con el uso de la Geoestadística, que han permitido un mayor conocimiento sobre el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de tácticas de control y de valoración de riesgos.

Con el uso de técnicas geoestadísticas, Schotzko y O'Keefe (1989), describen la naturaleza espacial de poblaciones de *Lygus hesperus* Knight, para definir métodos de control específicos contra este insecto.

Rossi *et al.* (1993), estiman densidades de población y riesgos económicos a escalas regionales de poblaciones de *Lygus hesperus* Knight usando técnicas geoestadísticas y simulaciones estocásticas con datos muestreados en el noroeste de Iowa.

Larkin *et al.* (1995), realizan la modelización espacial geoestadística de la epidemia causada por *Phytophthora capsici*, permitiéndoles determinar los patrones espaciales de la enfermedad y el contenido de agua en el suelo.

Groves *et al.* (1999), al analizar la distribución espacial geoestadística de *Mycosphaerella fragariae* en el cultivo de la fresa (*Fragaria vesca*), señalan que la enfermedad se expresó en forma o expansión continua respecto de los puntos muestreados.

Moral García (2003), al representar gráficamente la distribución espacial de *Helicoverpa armígera*, detectaron la concentración preferente de la plaga en las lindes de la parcela avanzando al interior, cuando las condiciones

meteorológicas se mantenían estables permanentemente; además afirmó que los mapas de distribución de la densidad de insectos constituyen una herramienta imprescindible para la planificación de la lucha contra la plaga, indicando la necesidad de un tratamiento más intenso en las áreas próximas a las lindes.

Tannure y Mazza (2004), señalan que al caracterizar geoestadísticamente la distribución espacial de *Alabama argillacea* Hübner en el cultivo del algodón, observaron que la mayor infestación de este insecto se encontró en los sectores centrales de los lotes estudiados, debido a que la mayor densidad poblacional de sus estadios larvales debido a los hábitos migratorios del adulto permite suponer que la infestación podría comenzar por el Noroeste del lote y extenderse hacia el suroeste.

Moral García (2004), en trabajos realizados sobre técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate, plantea que las densidades de capturas de insectos son mayores en ciertas lindes, y a estas precisamente deberían dirigirse las actuaciones como la confusión sexual, o el trampeo masivo, para impedir que las mariposas del insecto se instalen y progresen hacia el interior de la parcela.

Vera y Guerrero (2005), al realizar un análisis geoestadístico de la variabilidad espacial de la plaga *Perkinsiella saccharicida* en el cultivo de la caña de azúcar, señalaron que con los mapas de estimaciones y varianzas confeccionados se pudo llegar a observar la distribución espacial, donde se logró determinar zonas de altas incidencias de capturas e intensidad de capturas en los diferentes periodos, lo que posibilita realizar controles con radio de acción localizados, los cuales tendrían un bajo impacto ambiental y optimizarían el uso de recursos.

Ramírez *et al.* (2005), al realizar la modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin y Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo, señalan que la utilización de técnicas geoestadísticas permite la elaboración de mapas, los cuales pueden conducir al

manejo con precisión de plagas, donde este manejo tiene el potencial de reducir el uso de insecticidas y de retardar el desarrollo de la resistencia, debido a la creación de refugios temporales dinámicos y que muestran claramente la existencia de zonas de densidad variable en las poblaciones de ninfas, lo que permite la posibilidad de aplicación localizada de medidas de control.

Groves *et al.* (2005), en varios estudios sobre la modelización espacial geoestadística con la enfermedad causada por *Xylella fastidiosa*, así como por *Sclerotinia minor* *Sclerotinia sclerotiorum* sobre lechuga (*Lactuca sativa*) en California, permite inferir la existencia de diversos factores medioambientales que le favorecen, y que da la posibilidad de que se disemine la enfermedad de una forma más rápida en términos de espacio.

Peláez *et al.* (2006), al analizar el comportamiento local de poblaciones de *Lobesia botrana* Denis y Schiffermüller (Lepidóptera: Tortricidae), utilizando herramientas geoestadísticas, dan a conocer que en cuanto al rango y alcance de los muestreos, con una estación de muestreo se cubriría toda la superficie de una parcela de 25 – 30ha, siendo las capturas del insecto inferiores en el interior de la parcela, así como la distribución de los daños en el conjunto de la parcela, se localizan principalmente en los bordes o zonas perimetrales determinadas, sin una relación directa y clara con el número de adultos capturados.

Ramírez *et al.* (2008), al evaluar la distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España, demostraron que las poblaciones de ninfas dentro de la zona de estudio presentaron una distribución agregada, formándose varios centros de agregación y que la infestación no fue uniforme; además, se logró detectar una estabilidad espacio temporal de las poblaciones de ninfas y la posibilidad, mediante las técnicas de Agricultura de Precisión, de reducir los costos económicos y ambientales; resultados similares a los obtenidos en este trabajo fueron reportados por Schotzko y O’Keeffe (1989), Liebhold *et al.* (1991), Sciarretta *et al.* (2001) y Blom y Fleischer (2001).

Ramírez *et al.* (2011), al estudiar la modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* ((Kühn) Langdon y Fullerton) en el Estado de México, observaron que la distribución espacial de la enfermedad (carbón de la espiga del maíz) causada por este patógeno, manifestó un comportamiento de agregación y los mapas obtenidos sugieren la posibilidad de realizar alternativas dirigidas al uso del control químico y cultural (eliminación de plantas enfermas, rotación de cultivos, etc.), así como focalizar las actividades de muestreo, que faciliten obtener ahorros económicos y ambientales.

Resultados estos, que concuerdan con los determinados por Bassanezi y Laranjeira (2007), quienes determinaron la agregación de *Citrus leprosis virus* (CiL V) y su vector *Brevipalpus phoenicis*.

Díaz *et al.* (2012), al realizar la estimación espacial de la intensidad de *Alternaria solani* en el cultivo del tomate, plantean que los resultados obtenidos permiten perfeccionar las estrategias de manejo de este patógeno, para hacer un uso racional de los plaguicidas y de los recursos a partir de la repetitividad que va teniendo en el espacio o zonas los índices más elevados de poblaciones, así como los riesgos de esta plaga si se van a incrementar las áreas del cultivo.

De forma general y en correspondencia con lo anteriormente expuesto, se considera que el desarrollo de una agricultura más eficiente, con mayores beneficios para el agricultor y el medio ambiente en la lucha contra las plagas y enfermedades, implica la necesidad de conocer y aplicar correctamente las técnicas geoestadísticas.

2.10. Metodología. Conceptos. Particularidades

El término metodología es uno de los más recurrentes en la práctica y la teoría, sin embargo, no siempre resulta claro su alcance de dicho término, ni su connotación en el marco de la actividad científica. En la literatura científica el concepto de metodología ha tenido múltiples definiciones que varían en dependencia del plano desde el cual se establecen. En este sentido puede ser

entendida en un plano general, particular y específico en cualquiera de los cuales se vincula a la utilización del método (Centro de Estudios “Félix Varela”, 2003)

En el plano más general, el término metodología se refiere a una disciplina filosófica, relativamente autónoma, que se ocupa del análisis de una o varias ciencias y se define como el estudio filosófico de los métodos del conocimiento y transformación de la realidad, la aplicación de los principios de la concepción del mundo al proceso del conocimiento, de la creación espiritual en general o a la práctica.

En un plano particular la metodología como parte integrante de una o varias ciencias, incluye el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que responden a las características de esa(s) ciencia(s) y permiten conocer más y mejor al objeto de estudio.

En un plano más específico significa un sistema de métodos, procedimientos y técnicas, que regulados por determinados requerimientos, permiten ordenar mejor el pensamiento y forma de actuación para obtener determinados propósitos cognoscitivos ó puede definirse también como el conjunto de elementos que regulados por determinados requerimientos establecen y sustentan la secuencia de actuación a desarrollar y la explicación de cómo proceder, para lograr el conocimiento y la transformación de un objeto de estudio.

Muy relacionado con esta definición, es el significado de método, entendido como: “camino hacia algo”, según el diccionario filosófico (Rosental y Iudin, 1981), por tanto, en su sentido más general, es la manera de alcanzar un objetivo, y constituye, desde una perspectiva operacional, un procedimiento que ordena la actuación para lograr el conocimiento del objeto que se estudia, por lo que cada método utilizado está ligado a la teoría que describe, explica y permite, la transformación de un objeto determinado.

El método, por tanto implica una manera concreta de obtener conocimientos, aplicar el pensamiento o realizar una intervención a partir del conocimiento del objeto hacia el cual se dirige la acción. En consecuencia, el método, además

de reflejar la esencia del objeto, permite definir el camino a seguir para transformarlo, por lo que siempre es una herramienta para obtener un resultado. La aplicación de este tiene que concretarse en la práctica de un sistema de acciones que posibiliten el logro del objetivo propuesto. Desde esta perspectiva operacional el método se concreta en una secuencia sistémica de etapas, cada una de las cuales incluye acciones o procedimientos dependientes entre sí y que permiten el logro de determinados objetivos. A este sistema se le denomina Metodología.

Desde esta perspectiva, el término metodología se asocia a la utilización de los métodos de la ciencia como herramientas para abordar el objeto de estudio, se utiliza como objetivo general y resultado de la investigación, lo que implica que está ligado al proceso de obtención de conocimientos científicos sobre un objeto. (Centro de Estudios "Félix Varela", 2003)

Por tanto se infiere, que una metodología dirigida a conocer un determinado objeto, debe constituir un reflejo de su naturaleza y esencia, que precisa cómo cumplir el propósito, lo que tiene una significación especial para la investigación en la ciencia y en particular para la investigación-acción, en tanto incide en la transformación de la realidad por parte de los propios actores

Para concebir una Metodología, es importante precisar en cuanto a su estructura, que se coincide con otros autores en el sentido de que "... ésta se compone de dos aparatos estructurales: el aparato teórico o cognitivo y el metodológico o instrumental." (Bermúdez y Rodríguez, 2007).

El aparato teórico o cognitivo está integrado por el cuerpo categorial (categorías y conceptos que definen los aspectos esenciales del objeto de estudio) y el cuerpo legal referido a las normas que regulan el proceso de aplicación de los métodos, procedimientos, técnicas, acciones y se expresa a través de las exigencias o requerimientos que se tuvieron en cuenta para su diseño y/o aplicación práctica.

Por su parte el aparato metodológico o instrumental, está formado por los métodos teóricos y empíricos, las técnicas, procedimientos y acciones que se

utilizan para el logro de los objetivos para los cuales se elabora la metodología; en resumen, la interrelación entre estos componentes presupone concebir la metodología en dos dimensiones: como proceso y como resultado.

En su condición de proceso, la aplicación de la metodología admite una secuencia de etapas y cada etapa es a su vez una sucesión de acciones o procedimientos, por ello se requiere de la explicación de cómo opera la misma en la práctica, cómo se integran las etapas, los métodos, los procedimientos, medios y técnicas y cómo se tienen en cuenta los requerimientos en el transcurso del proceso.

Por su dimensión de resultado, el investigador debe ser capaz de expresar mediante algún recurso modélico la conformación de la metodología como un todo y las interrelaciones que se producen entre los elementos de su estructura.

Estos planteamientos se corresponden con el enfoque de gestión de la fase conclusiva de proyectos de investigación y desarrollo, que plantea la necesidad de obtener resultados coherentes en núcleo y estructura, donde como salidas del proceso, se consideran el nuevo conocimiento y los soportes en que ellos se presentan (Fornet et al., 2017).

En investigaciones sobre la armonización desde la investigación y el proyecto para la entrega de resultados científicos preparados para su introducción, se destaca la importancia de la Tipología II, relativa a la obtención de herramientas metodológicas (Fornet et al., 2020).

En general, el proceso de investigación en su conjunto, constituye un proceso creativo donde cada investigador define el tipo de estudio a realizar y su alcance, es generalmente aceptada la idea de que para ello se requiere un cierto orden en la actuación investigativa, por ello para la construcción de una metodología como resultado científico en investigaciones, según Fernández, (2010) y De Armas y Valle (2011), se sugieren las siguientes acciones:

- Estudio de las metodologías existente o afines que están dirigidas al logro del objetivo propuesto por el investigador.

- Análisis crítico de las metodologías existentes. Determinación de las insuficiencias, carencias y virtudes de las propuestas existentes.
- Establecimiento de los cambios necesarios para lograr los objetivos propuestos y de las cuestiones que se deben conservar.
- Diseño de la nueva metodología. Modelación de la misma (difiere de las existentes y la supera o no).
- Valoración por especialistas o validación práctica de la metodología elaborada. Determinación de las limitaciones o insuficiencias señaladas u observadas durante su puesta en práctica.
- Elaboración de la metodología definitiva (modelo definitivo).

Por otro lado, es importante destacar que, una vez elaborada la metodología, en el momento de redactar el informe de investigación debe tenerse en cuenta que la elaboración de una metodología cuando constituye el objetivo de una investigación, es al mismo tiempo el resultado científico principal y a tales efectos ocupa el contenido principal en extensión dentro del informe.

Varios autores tales como: Moya (2007), Sánchez (2007), Fernández (2008 y 2010), Zuñiga (2012) proponen un informe estructurado en tres capítulos. En el CAPÍTULO I se abordan aspectos relacionados con el problema que ha motivado la necesidad de elaborar la metodología, con énfasis en la valoración de las concepciones y metodologías existentes para su solución, lo que constituye el marco teórico de referencia, elaborado a partir del análisis crítico y creativo de los planteamientos recogidos en las fuentes consultadas, que sirven de base para el aporte y la elaboración personal.

En el CAPÍTULO II se define la Metodología en cuestión, a partir de describir detalladamente, cada uno de los elementos que la componen y sustentan la actuación en cada etapa y paso de la misma, así como las técnicas y procedimientos empleados durante su aplicación, lo que facilita la comprensión de la propuesta. El CAPÍTULO III por su parte debe contenerla valoración y/o validación de la Metodología propuesta, a partir de describir los resultados, el

impacto de las transformaciones que originó, los cuales deben estar fundamentados según las técnicas de evaluación empleadas.

Todos estos aspectos reseñados anteriormente implican que al implementar y validar una Metodología como resultado de la investigación científica se hace necesario valorar los aportes de la Metodología en cuestión, por tanto es criterio de algunos autores, que toda investigación científica contribuye al desarrollo de la ciencia que contiene el objeto de la investigación, como consecuencia, la obtención de una metodología constituye una novedad pues propone una nueva forma de hacer que establece una alternativa a las formas tradicionales, que no lograron satisfacer las exigencias e indica cómo proceder para lograr el perfeccionamiento, lo que aunque se plantee como una necesidad en la literatura precedente, no se había presentado en forma de una propuesta de actuación con la fundamentación necesaria (Fernández, 2010).

Por su parte otros autores entre los que se encuentran De Armas y Valle (2011) y Fernández *et al.* (2014), plantean que cuando se diseña y comprueba la validez de una metodología se está enriqueciendo la teoría y la práctica al proporcionar una nueva vía para obtener conocimientos, sin embargo no todo es aporte teórico, ni todo es aporte práctico, aunque no resulta fácil analizar el valor teórico o práctico de los aportes contenidos en una metodología, sin embargo se consideran que los valores prácticos pudieran centrarse en las sugerencias, indicaciones, propuestas para la puesta en práctica de la metodología, los medios elaborados para la aplicación de la metodología como material docente, folletos, cuadernos, plegables, hojas informativas etc.

En general, la obtención de una metodología como resultado científico presenta dos particularidades, que pudieran ser consideradas limitaciones: primero, la necesidad de aplicar un enfoque participativo, lo que implica educara los actores principales y la educación es un proceso relativamente lento en tanto implica modificación de actitudes.

En segundo lugar, el hecho de que no constituye una solución rápida y efectista, sino una secuencia de etapas y acciones, con la aplicación de instrumentos y el análisis de la información obtenida, puede ser desalentador para los que buscan métodos rápidos, fáciles e impactantes para resolver los

problemas, en realidad este no es el caso. “Procurar el progreso, es algo que más bien requiere tiempo y presencia, pero vale la pena intentarlo” (Mace, 1990).

2.10.1. Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Origen, desarrollo y retos actuales

Origen

En Cuba, hasta la década de los setenta del pasado siglo, el trabajo de control de las plagas agrícolas se efectuaba de manera empírica, según indicaciones generales que establecían plazos fijos para ejecutar las aplicaciones de los plaguicidas químicos. Así, se seguían calendarios cercanos a las propuestas de uso emanadas de los fabricantes, que no tenían en cuenta la dinámica de población de las plagas, la presencia de sus estadios más nocivos, el umbral de daños y la acción de los enemigos naturales, entre otros. A mediados de esa década el trabajo fitosanitario sufrió importantes cambios con la creación del sistema estatal de protección de plantas (SEPP). Entre otras entidades que instituyó, surgió una de capital importancia para la introducción de conceptos más avanzados respecto a la protección fitosanitaria, las denominadas estaciones territoriales de protección de plantas (ETPP), siendo una de las principales funciones la adopción de la señalización y el pronóstico de plagas, como vías para lograr la reducción de las pérdidas económicas que ocasionan los organismos nocivos a los cultivos.

La concepción del SEPP, y dentro de este la señalización, son fruto de la cooperación entre Cuba y los países miembros del extinto Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), muy en especial con la Unión Soviética. A la contribución científico-técnica de especialistas de Rusia, Ucrania, Georgia, Armenia y Bulgaria se debe, en gran medida, la creación de la base organizativa y metodológica en que se sustentó el nuevo enfoque del trabajo de protección de plantas que asumió el país.

Para el completamiento de la infraestructura técnica que sustentó el sistema fueron también decisivos, los recursos materiales aportados por los mecanismos de cooperación existentes entre estos países y Cuba. Así, el

SEPP quedó compuesto por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), entidad rectora de toda la actividad, y del cual forma parte el Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal (LCCV) y adjunto a ellos, el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), entidad que proporciona el soporte científico-técnico y metodológico. Como parte también del sistema se creó la red de Departamentos Provinciales de Sanidad Vegetal (DPSV), Laboratorios Provinciales de Sanidad Vegetal (LAPROSAV), Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP) y puntos de entrada, con los que se abarca todo el territorio nacional.

2.10.2. Las Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Desarrollo

Con la entrada en funciones de las primeras ETPP fue necesario dotar a sus especialistas de herramientas para el trabajo de control de los principales agentes nocivos que afectaban a los cultivos de importancia económica. Sobre estos organismos existían, en muchos casos, suficientes conocimientos teóricos con los que se confeccionaron algunas de las primeras metodologías para el trabajo de campo, que se denominaron metodologías de señalización.

Posteriormente, con el desarrollo y la consolidación del trabajo investigativo acometido por el INISAV, se perfeccionaron y surgieron nuevas metodologías, sustentadas todas por minuciosos procesos investigativos (Piedra, 1980; Massó, 1984). En la elaboración de las metodologías se llevaron a cabo investigaciones en campo y laboratorio los cuales arrojaron resultados sobre la dinámica de población de las plagas, el reconocimiento de sus estadios más nocivos, el umbral de daños que ocasiona y la posible acción benéfica de sus enemigos naturales, en el caso de los insectos, mientras que para las enfermedades se definieron sus porcentajes de distribución, índices de infección, severidad, rangos de hospederos entre otros, que permitieron establecer sistemas de monitoreo específicos, así como los índices de población ó infección para emitir el aviso o señal en previsión de la ocurrencia de daños económicos a un cultivo. Por tanto, las metodologías de señalización constituyeron documentos técnicos para regular el trabajo de monitoreo y toma de decisiones de las principales plagas y enfermedades de importancia

económica (Jiménez, 2007), muchas de las cuales se aplican actualmente en diferentes trabajos de investigación que se desarrollan en el País. Estas metodologías se componen de tres partes esenciales: los aspectos generales referidos al agente nocivo, el método de muestreo para llevar a cabo su seguimiento en el tiempo y el nivel de infestación con el que debe emitirse la señal a los productores para el inicio de las medidas de control.

Generalidades

En esta primera parte de una metodología puede hacerse uso de la información publicada en la literatura científica internacional sobre la plaga en cuestión, en lo que respecta a sus cuatro aspectos fundamentales: ubicación taxonómica, ciclo de vida y reproducción, hospedantes, y daños que ocasiona; sin embargo, en muchas ocasiones es necesario investigar o comprobar resultados publicados en lo relativo al ciclo de vida y reproducción, los daños específicos que producen y los hospedantes (Vázquez y Rodríguez, 1999). Además, puede obtenerse información sobre los parámetros del desarrollo biológico de los organismos en cuestión y algunos de los factores que los condicionan como por ejemplo: la temperatura mínima o cero de desarrollo (t_0), la velocidad de desarrollo, la suma de temperaturas efectivas o constante térmica (K), el número teórico de generaciones anuales (G) y otros factores entre los que se puede mencionar, la frecuencia de ejecución de los muestreos que puede obtenerse experimentalmente por diferentes métodos y contribuir al diseño general de las metodologías.

Método de monitoreo

Para decidir la forma más apropiada para llevar a cabo el seguimiento de la plaga, resulta conveniente estudiar su distribución espacial y temporal (Jiménez *et al.*, 2000), así como la dinámica de sus poblaciones. Del estudio de la distribución espacial y temporal puede decidirse en qué forma debe realizarse la toma de las muestras en campo y qué tamaño de muestra utilizar en los muestreos. La dinámica de población permite identificar los factores abióticos y bióticos que condicionan los cambios poblacionales en el tiempo.

Índice para la señal

Este es uno de los dos elementos esenciales de una metodología, pues proporciona el momento en que, dado el nivel de infestación alcanzado por el o los estadios nocivos de una plaga, los productores deben ser advertidos de la necesidad de efectuar medidas de control. En este sentido resultan de suma utilidad los estudios de nocividad, de simulación de daños, de cálculo del umbral de daño o del umbral económico y otros que permitan precisar la relación, en un momento dado, entre los niveles de población de la plaga, la fenología de las plantas y los daños que se producen y que justifican económicamente la aplicación de tales acciones.

En sentido general, es importante destacar, que cada metodología posee un registro de informaciones (tarjeta informativa o libreta de campo) donde se anota la identificación y localización del sitio de muestreo, el cultivo y su fecha de siembra y germinación, la variedad, la fenología o edad de las plantas, la fecha de aparición de la plaga en cuestión, el resultado de los conteos poblacionales que se realizan periódicamente (semanal o decenal) y la presencia de enemigos naturales asociados, entre otros. Además, tiene el registro territorial histórico (RTH), que con sus resultados pueden establecerse valiosas comparaciones entre campañas de siembra para cultivos estacionales, y entre años para cultivos permanentes, así como el registro permanente de las variables climáticas que más influyen sobre las plagas. Con toda esta información se facilita la comprensión de los procesos que se observan, así como la elaboración de predicciones a los productores, como fundamento para la creación de bases de datos para otros análisis.

2.10.3. Metodologías de Señalización de Plagas en Cuba. Retos actuales

Los cambios estructurales acontecidos en la agricultura cubana desde la década de los noventa del pasado siglo, incluida la adopción de nuevos paradigmas sobre la protección de las plantas, colocaron a la señalización en un nuevo contexto en el cual no todo está investigado. Las nuevas condiciones económicas a que el país se ve sometido han producido un impacto negativo

en lo que respecta a la base material que sustenta una buena parte del trabajo de señalización.

La disolución de las grandes empresas agrícolas, la aparición y el pujante desarrollo nacional de la agricultura urbana con todas sus variantes, la adopción creciente de la tecnología de cultivos protegidos para la producción de vegetales y las limitaciones para la adquisición de plaguicidas químicos y sus medios de aplicación, a lo que se adiciona la reconocida necesidad de proteger el medioambiente, se han convertido en algunos de los principales retos para la señalización.

Algunos cuestionan hoy la validez de la señalización y sus metodologías, concebidas para aplicarse en campo abierto, y con índices de señal adoptados para enfrentar la acción de las plagas con productos químicos de alta efectividad técnica, cuando se trata de utilizarlas para llevar a cabo la fitosanidad en sistemas agrícolas diferentes (huertos intensivos, organopónicos, casas de cultivo protegido) y con el empleo de bioplaguicidas u otras alternativas como medidas para controlar las plagas. En la actualidad existe una tendencia creciente a promover la implementación del manejo integrado de plagas, el manejo agroecológico de plagas y otros, como vías de realizar la protección de los cultivos, y se tiende a la reducción máxima del uso de plaguicidas químicos para el control; sin embargo, aunque se han llevado a cabo numerosos estudios sobre las plagas y enfermedades que afectan los cultivos, orientados a mejorar y promover los diferentes tipos de lucha para su control, en los que se han empleado las metodologías de señalización previstas para cada caso, aún prevalecen sus daños con pérdidas irreparables para las cosechas, siendo necesario la búsqueda de nuevas metodologías de señalización más amplias e integrales que brinden aportes indudables a los métodos de manejo fitosanitario existentes. Puede entonces afirmarse que la señalización aún tiene un espacio en la fitosanidad cubana y que, de las acciones que se emprendan en aras de acercarla a los requerimientos de los sistemas de producción actuales, dependerá que este espacio se extienda y enriquezca.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones que conforman esta tesis, fueron realizadas por el Centro de Estudios para Agroecosistemas Áridos (CEAAR), de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Holguín en la provincia de Holguín, Cuba y por el Área de Edafología y Química Agrícola y el Instituto Universitario de Geología “Isidro Parga Pondal”, pertenecientes ambos a la Universidad de A Coruña, España, durante los años 2012 - 2016.

Los estudios bajo condiciones de campo y laboratorio se desarrollaron en las entidades productivas Granja Estatal General “José María Aurecochea” y la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “Augusto César Sandino”, pertenecientes a la Empresa Cultivos Varios “José Ávila Serrano”, ubicadas ambas en la localidad de Arroyo Seco, municipio Gibara, provincia Holguín y en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Holguín (LAPROSAV) perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) de Cuba.

3.1. Caracterización de la localidad Arroyo Seco

Se refieren algunos aspectos de la caracterización de la localidad de Arroyo Seco en el municipio de Gibara, tomadas del Proyecto Franco-Cubano: “Proyecto de Apoyo al Sistema de Extensión Agraria” (PASEA), ejecutado por el grupo de Extensión Agraria de la Unidad Empresarial de Investigaciones y Capacitación (UEICA). de la provincia de Holguín (2013).

La localidad de Arroyo Seco se encuentra situada a 50 km al oeste de Gibara, cabecera municipal; limita al norte con el Municipio “Jesús Menéndez” de la provincia Las Tunas y con el Consejo Popular de Velasco, provincia de Holguín, al sur-este con el Consejo Popular de Uñas y al oeste con el Consejo Popular de Cañada de Melones (Figura 25).

Esta localidad tiene una extensión territorial de 47 km² y una población de 5 455 habitantes, de los cuales 2 845 son hombres y 2 610 son mujeres, la densidad poblacional es de 47 hab/km². La tasa de mortalidad infantil es de 3,1

por cada 1000 nacidos vivos; para su funcionamiento, está integrado por nueve circunscripciones del Poder Popular.

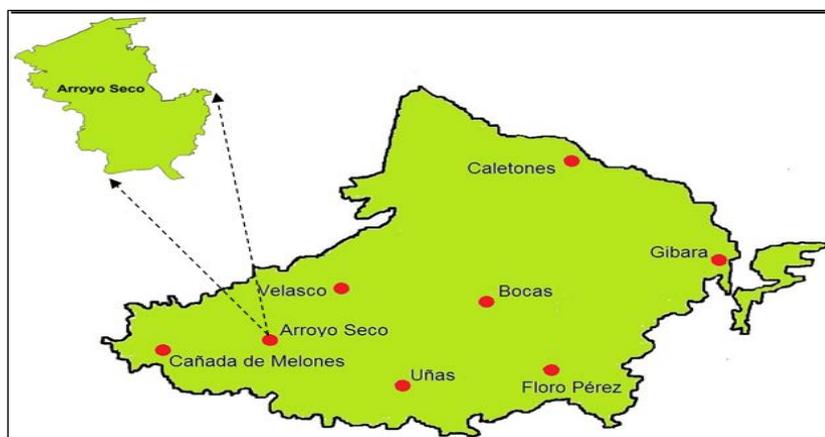


Figura 25. Ubicación geográfica de la localidad Arroyo Seco, en el municipio Gibara, provincia de Holguín.

Arroyo Seco es netamente rural, dedicado a la producción agrícola de viandas, granos, hortalizas, frutas y en su menor medida a la ganadería. Para ello cuenta con seis Cooperativas de Créditos y Servicios Fortalecidas (CCSF), cinco Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), una Granja Estatal y un Centro de Acopio para el beneficio y la comercialización de las producciones agrícolas.

Los suelos característicos son: Fersialítico Pardo Rojizo Ócrico Ferromagnésico, según la “Nueva Clasificación Genética de los Suelos de Cuba” (Hernández *et al.*, 1999), estos son suelos de perfil A (B) C, ABC y ABL con formación de minerales arcillosos 2:1 y 1:1 con acumulación relativa de hierro libre. La materia orgánica oscila entre 3 - 5 %, predominando el calcio entre los cationes cambiabiles. El pH es de ligeramente ácido a neutro, siendo en pocas ocasiones ligeramente alcalino. La profundidad efectiva varía desde 10 hasta 40 cm, aunque en general son pocos profundos. Son suelos duros y masivos en estado seco, pueden presentar pedregosidad, con buen drenaje tanto interno como externo.

Se caracteriza por tener temperaturas medias anuales que oscilan entre 25 - 30°C; los valores de precipitaciones de una media anual de 1 100 mm, de las

cuales el 60 % se produce en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre. La humedad relativa anual oscila entre 70 - 85 %.

3.2. Caracterización de las entidades productivas

Las entidades productivas objeto de estudio se encuentran situadas al este del caserío de Arroyo Seco, limitan al norte con la zona de Calderón, al sur con la Loma de Hayte y al sur-este con la localidad de Cuatro Caminos (Figura 26).



Figura 26. Ubicación geográfica de las entidades productivas en la localidad Arroyo Seco.

3.2.1. Granja Estatal “José María Aurecochea”

La Granja Estatal inicia su trayectoria laboral en septiembre del año 1997, con el nombre de General “José María Aurecochea” producto a la fusión de tres Unidades Básica de Producción Cooperativa (UBPC) de la localidad. En enero del 2008, se transfiere para la empresa de Cultivos Varios “José Ávila Serrano” por decisión de la Delegación Provincial de la Agricultura y el Grupo Empresarial de Cultivos Varios, pertenecientes al Ministerio de la Agricultura.

El objeto social de esta granja es la producción de viandas, granos, hortalizas y frutas. Cuenta en la actualidad con la estructura aprobada de 180 trabajadores, de ellos 32 mujeres y 148 hombres, distribuidos de la siguiente forma: como

administrativos 18, brigada de servicio técnico integral de maquinaria, riego y taller 15, brigada de servicio comedor 12 y cuatro lotes con 135 trabajadores.

El área total de la granja es de 204 ha, de ellas cultivables 200 ha, bajo riego 183 ha y en seco 21 ha.

Las producciones agrícolas de los cultivos fundamentales de la entidad en los últimos años (2014 - 2016), se muestran en la Tabla 18, donde se observa una disminución de la producción en el cultivo de las viandas, fundamentalmente en *Musasp. L.* (plátano), *Manihot esculenta* Crantz (yuca) y en *Ipomea batata* [L.] Lamk) (boniato), aunque en este último con menos cuantía.

Tabla 18. Principales producciones agrícolas durante el período 2014-2016 en la Granja Estatal.

Cultivos	2014	2015	2016	Total
Viandas (Tm)	1871,02	1469,21	1287,94	4628,17
Granos (Tm)	128,53	120,53	15,63	264,69
Hortalizas(Tm)	190,43	379,84	405,40	975,67
Frutas(Tm)	51,60	69,52	75,62	186,74

En el cultivo de los granos, también se evidencia un decrecimiento significativo de las producciones, debido a la poca existencia de semillas con la calidad requerida, escasas variedades, dificultades con el riego, la incidencia de plagas y enfermedades (fundamentalmente las ocasionadas por patógenos del suelo), además del paso de los huracanes “Ike” (2008); “Sandy” (2012) y “Mathew” (2016), los cuales causaron daños de consideración en las plantaciones.

Por su parte, las producciones de hortalizas y frutas han tenido un incremento significativo durante estos tres años, determinado por estrategias bien definidas en el manejo de estos cultivos, la obtención de mayores ganancias por parte de los productores en correspondencia con las altas demandas de la población principalmente de hortalizas, las cuales como son cultivos de ciclo corto se obtienen mayor cantidad de productos en menor período de tiempo, además ambos cultivos se encuentran establecidos en áreas con condiciones adecuadas, se cuenta con semillas de diferentes variedades y existe una vasta cultura productiva en el territorio.

3.2.2. Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “Augusto Cesar Sandino”

La CPA “Augusto César Sandino” inicia su trayectoria laboral el 1^{ro} de julio de 1979, con el objeto social de producir vianda, granos, hortalizas y leche. Tiene una estructura de 49 trabajadores, de ellos, ocho mujeres y 41 hombres distribuidos de la siguiente forma: un presidente, un jefe económico, un técnico en agrotécnica de los cultivos, en la parte pecuaria seis trabajadores y el resto ubicado en un lote con 39 trabajadores.

El área total de la CPA es de 252 ha, de ellas cultivables 73 ha que están bajo riego, 126 ha en seco y 53 ha dedicadas al pastoreo.

Las producciones agrícolas de los principales cultivos, así como la producción de leche en la entidad durante los años (2014 - 2016), aparecen ilustrados en la Tabla 19.

Tabla 19. Principales producciones agrícolas y de leche durante el período 2014-2016 en la CPA.

Producciones	2014	2015	2016	Total
Viandas (Tm)	923,50	715,50	624,50	2 263,50
Granos (Tm)	61,50	58,30	38,00	157,80
Hortalizas (Tm)	94,30	189,30	202,70	486,30
Frutas (Tm)	23,50	33,40	37,80	92,70
Leche (L)	91 080	80 000	72 000	243 080

Se aprecia una disminución de las producciones en los cultivos de las viandas y los granos, dado a la carencia de algunos insumos, la no existencia de semillas con la calidad requerida, escasas variedades, algunas problemáticas con los sistemas de riego, incidencia de plagas y enfermedades (hongos del suelo), así como por el paso de los huracanes “Ike” (2008); “Sandy” (2012) y “Mathew” (2016) que provocaron serias afectaciones en las plantaciones.

Sin embargo, en el caso de las hortalizas y las frutas se observa que los niveles de producción se incrementaron durante este período, teniendo un efecto positivo en las ganancias monetarias de la CPA y por tanto, en los productores que integran la misma.

La producción de leche, como una de las alternativas que asumió esta cooperativa para su mejoramiento económico, mostró un decrecimiento durante la etapa, motivado por el insuficiente manejo del alimento para el ganado y reproductivo del rebaño, así como la ocurrencia de períodos de sequía. Actualmente existe una estrategia bien concebida por los directivos de la entidad para lograr una mejoría sustancial en los volúmenes de producción de este alimento, en comparación con las obtenidas en estos años.

3.3. Selección de las áreas experimentales

Para el desarrollo de las investigaciones en condiciones de campo se seleccionó un área representativa de cada entidad productiva evaluada, acorde a su ubicación geográfica dentro de la superficie investigada, la homogeneidad del cultivo y la topografía del terreno (mayormente llano). Cada zona seleccionada por entidad tuvo una extensión de 12 hectáreas (6 hectáreas para el experimento 1 y 6 hectáreas para el experimento 2) con características climáticas similares y un tipo de suelo Fersialítico Pardo Rojizo Ócrico Ferromagnésico (Hernández *et al.*, 1999).

3.3.1. Áreas experimentales de la Granja Estatal

En las áreas correspondientes a la Granja Estatal (Foto 10), se encontraban como cultivos precedentes *Zea mays* L. (maíz) y *Phaseolus vulgaris* L. (fríjol común). La preparación de estas se llevaron a cabo, en correspondencia con la tecnología del cultivo, cuyas labores desarrolladas fueron las siguientes:

- Preparación del suelo
- Acondicionamiento de pre-siembra
- Siembra y fertilización combinada
- Atenciones culturales
- Atenciones fitosanitarias

Preparación del suelo

Se utilizó el método de roturación convencional, y se realizaron las siguientes labores:

- a. Labor de rotura: Arado de 4 - 5 discos con tractor de 20 kN, a una profundidad de 20 - 25 cm.
- b. Desterronamiento: Gradas de 1 500 kg y Tiller de profundidad media, con tractor de 20 kN – 30 kN.
- c. Cruce: Arado 4 - 5 discos, con tractor de 20 – 30 kN, a una profundidad de 15 – 20 cm.
- d. Mullición: grada de 965 kg, con tractor de 14 kN, a una profundidad de 10 -15 cm.
- e. Alisamiento: Alisador NBS-7, fabricado por la Empresa Sidero – Mecánica de Cuba (SIME), con tractor de 14 kN.



Foto 10. Áreas experimentales de la Granja Estatal
(Fuente: Foto de la autora).

Acondicionamiento de pre siembra

- a) Aplicación de herbicidas: se aplicó el herbicida Treflán (Trifluralin) al 48 % a una dosis de 1,0 – 1,5 kg/ha, con una asperjadora convencional agregada a tractores de 14 kN y la incorporación del producto al suelo con tractor de 14 kN y grada de 965 kg.
- a) Surcado: La profundidad de los surcos fue de 15 - 20 cm, utilizándose un tractor de clase 14 kN con tres o más órganos montados en un bastidor.
- b) Acanterado: la altura y ancho de los canteros fue de 90 cm de ancho de plato, 15 cm de altura del cantero desde el fondo del surco y 30 cm de ancho del surco lateral o separación entre platos,

utilizándose un rotoacanterador con tractor del tipo 14 kN.

Siembra y fertilización combinada

- a) Se utilizó una sembradora-fertilizadora mecánica, Gaspardo SP-6, que se agregó a tractores de clase 14 kN, la distancia de siembra empleada fue de 0,90 m entre surcos, 5 - 7 cm entre plantas, a una profundidad de 3 cm; con un número de plantas por metro lineal de 14–20 plantas, para un total de 190 000 plantas por hectárea.
- b) La dosis de fertilización empleada (NPK), fue de 120 – 80 – 40 conjuntamente con la siembra. Luego se hizo una segunda fertilización con Urea a los 10 días antes de la floración, a razón de 0,14 kg/ha, tapándolas con 2 - 3 cm de suelo con cultivador.

Atenciones culturales

- Cultivo.
 - Cultivo con tracción animal, utilizándose un multiarado “6 en 1”.
 - Dos cultivos mecanizados, con cultivadores de dos o más órganos de trabajo agregados a tractores de 14 kN.
 - Dos limpiezas manual al inicio del cultivo.
- Riego (según fases de desarrollo del cultivo).
 - Etapa siembra - brotación: un riego, con una norma de 40 - 50 mm (Precipitaciones: 32 mm).
 - Brotación - inicio floración: dos riegos, con una norma de 25 - 30 mm (Precipitaciones: 61,7 mm).
 - Floración - maduración: tres riegos, con una norma de 30 - 35 mm (Precipitaciones: 34.6 mm).
 - Maduración - cosecha: un riego, con una norma de 20 - 25 mm (Precipitaciones: 89.2 mm).

Atenciones fitosanitarias

- a) Primera Aplicación: Se aplicó Wofatox (paratión metilo) a una dosis de 1 - 2 L/ha, contra *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (salta hojas). Se utilizó una Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.

- b) Segunda Aplicación: Medio biológico *Bacillus thuringiensis* Cepa LBt 24, procedente del Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de Velasco, municipio Gibara, a una dosis de 1 kg/ha contra Lepidópteros. Se utilizó la Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.
- c) Tercera aplicación: Medio biológico *Beauveria bassiana* (Bb) LBB-1, procedente del Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de Velasco, municipio Gibara a una dosis de 1 kg/ha, contra crisomélidos. Se utilizó la Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.
- d) Cuarta Aplicación: Metamidofos (tamarón) 60 % EC, a razón de 1,5 L/ha contra *Bemisia tabaco* Lin. (mosca blanca) y *E. kraemeri* (salta hojas) y larvas de lepidópteros, mezclado con el fungicida Dithane M-45 (mancozeb) a una dosis 3 kg/ha, para el control de *Uromyces appendiculatus* [Pers.] Unger. (roya del frijol). Se utilizó la Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.
- e) Quinta aplicación: Aplicación del herbicida Fluazifop-p-Butyl (fusilade) 12,5 % CE a una dosis de 1 - 4 L/ha. Se utilizó una mochila Matabich de 16 litros.

3.3.2. Áreas experimentales de la CPA

Las áreas experimentales correspondientes a la CPA (Foto 11), se encontraban en barbecho por tres años, los cultivos precedentes antes de esta condición fueron: *Cucurbita máxima* Duchesne ex Lam. (calabaza) y el *P. vulgaris* (fríjol común), las diferentes cosechas se realizaron de forma manual.

En estas áreas, se llevaron a cabo diferentes labores en correspondencia con la tecnología del cultivo, las cuales incluyeron lo siguiente:

- Preparación del suelo.
- Acondicionamiento de pre-siembra.
- Siembra y fertilización combinada.

- Atenciones culturales.
- Atenciones fitosanitarias.



Foto 11. Áreas experimentales en Barbecho CPA (Fuente: Foto de la autora).

En estas áreas, se llevaron a cabo diferentes labores en correspondencia con la tecnología del cultivo, las cuales incluyeron lo siguiente:

- Preparación del suelo.
- Acondicionamiento de pre-siembra.
- Siembra y fertilización combinada.
- Atenciones culturales.
- Atenciones fitosanitarias.

Preparación del suelo

Se utilizó el método de roturación convencional, realizándose las siguientes labores:

- a. Labor de rotura: arado de 4 - 5 discos con tractor de 20 kN, a una profundidad de 20 - 25 cm.
- b. Desterronamiento: gradas de 1 500 kg y Tiller de profundidad media, con tractor de 30 kN.
- c. Cruce: arado 4 - 5 discos, con tractor de 30 kN, a una profundidad de 15 -20 cm.
- d. Retrocruce: arado 4 - 5 discos, con tractor de 30 kN, a una profundidad de 15 – 20 cm.

- e. Dos labores de mulción: grada de 965 kg, con tractor de 14 kN, a una profundidad de 10 - 15 cm, para lograr al menos un 80 % de terrones entre 5 y 15 cm, y en el resto nunca mayores de 20 cm.
- f. Alisamiento: alisador NBS-7, con tractor de 14 kN.

Acondicionamiento de presiembra

- a. Aplicación de herbicidas: se aplicó el herbicida Treflán (Trifluralin) al 48% a una dosis de 1,0 – 1,5 kg/ha, con una asperjadora convencional agregada a tractores de 14 kN y la incorporación del producto al suelo con tractor de 14 kN y grada de 965 kg.
- b. Surcado: la profundidad de los surcos fue de 15 - 20 cm, utilizándose un tractor de clase 14 kN con tres o más órganos montados en un bastidor.
- c. Acanterado: la altura y ancho de los canteros fue de 90 cm de ancho de plato, 15 cm de altura del cantero desde el fondo del surco y 30 cm de ancho del surco lateral o separación entre platos, utilizándose en este caso un rotoacanterador, con tractor de la clase 14 kN.

Siembra y fertilización combinada

- a. Se utilizó una sembradora-fertilizadora mecánica, Gaspardo SP-6, que se agregó a tractores de clase 14 kN, la distancia de siembra empleada fue de 0,90 m entre surcos y 5 - 7 cm entre plantas a una profundidad de 3 cm, con un número de plantas por metro lineal de 14 - 20 plantas, para un total de 190 000 plantas por hectáreas.
- b. La dosis de fertilización empleada (NPK), fue de 120 – 60 – 40 conjuntamente con la siembra. Luego se hizo una segunda fertilización con urea 20 - 25 después de germinado el cultivo a razón de 0,14 kg/ha, tapándolas con 2 - 3 cm de suelo con cultivador.

Atenciones culturales

- Cultivo.
- Cultivo con tracción animal, utilizándose un arado de vertedera.

- Tres cultivos mecanizados, con cultivadores de dos o más órganos de trabajo agregado a tractores de 14 kN.
- Dos limpiezas manuales al inicio del cultivo.
 - Riego (según fases de desarrollo del cultivo).
- Etapa siembra – brotación: un riego, con una norma de 40 –50 mm (Precipitaciones: 52 mm).
- Brotación –inicio floración: dos riegos, con una norma de 25 - 30 mm (Precipitaciones: 74 mm).
- Floración – maduración: tres riegos, con una norma de 30 - 35 mm (Precipitaciones: 19 mm).
- Maduración – cosecha: un riego, con una norma de 20 - 25 mm (Precipitaciones: 0 mm).

Atenciones fitosanitarias

- a) Primera Aplicación: Se aplicó el fungicida Dithane M-45 (mancozeb) a 3 kg/ha conjuntamente con Cupravit Azul (oxicloruro de cobre) a 4 kg/ha, para el control de *Uromyces appendiculatus* (roya del frijol). Se utilizó una Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.
- b) Segunda Aplicación: medio biológico *Bacillus thuringiensis* Cepa LBt 24, procedente del Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de Velasco, municipio Gibara a una dosis de 1kg/ha contra Lepidópteros. Se utilizó una Asperjadora Columbia acoplada a un tractor 14 kN.
- c) Tercera aplicación: se aplicó Dimetoato (Bi- 58) 60 % EC, a razón de 1,5 L/ha contra *B. tabaci* (mosca blanca) y *E. kraemeri* (salta hojas). Se utilizó la mochila manual Matabich de 16 litros.
- d) Cuarta Aplicación: medios biológicos *B. thuringiensis* cepa LBT 24 contra lepidópteros a 1 kg/ ha y *Beauveria bassiana* (Bb) LBB-1 a 1kg/ha contra crisomélidos, procedentes estos del Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de Velasco, municipio Gibara. Se utilizó mochila manual Matabich de 16 litros.

-
- e) Quinta aplicación: aplicación del herbicida Fluazifop-p-Butyl (fusilade) 12,5 % CE a una dosis de 1 - 4 L/ha. Se utilizó mochila manual Matabich de 16 litros.

3.4. Diseño de la red de muestreo

En el diseño de la red de muestreo se tuvo en cuenta el objetivo de la investigación, siendo necesario analizar y seleccionar un método de muestreo que formará parte de los utilizados en la geoestadística y que a diferencia de los aplicados actualmente en Cuba para el estudio de las patologías del suelo, facilitará una valoración más exacta y detallada sobre la evaluación de la enfermedad producida por *R. solani* dentro del área evaluada, para ser incluido dentro de la Metodología que se propone. En esta investigación se utilizó el muestreo sistemático y como variante de este, el *Muestreo sistemático no alineado*.

El Muestreo sistemático consiste en tomar las muestras a distancias fijas, es recomendable cuando la población bajo estudio es muy heterogénea; se recomienda este diseño ya que facilita la representación en mapas con fines de análisis exploratorio (Zúñiga, 2008), tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Las muestras son fácilmente seleccionadas y ubicadas en el campo.
- ✓ Hay una cobertura uniforme de la población.
- ✓ Provee de más información por unidad de costo comparado con el muestreo aleatorio simple
- ✓ Los resultados son fáciles de expresar en un mapa.
- ✓ Es un método más preciso que el muestreo aleatorio simple especialmente cuando la población es muy heterogénea.

Las principales desventajas de este método de muestreo son:

- ✓ Existe un gran riesgo de sesgamiento cuando hay presencia de variación periódica en la población, en este caso los puntos de observación pueden coincidir con determinadas variaciones en los atributos estudiados, resultando en una mayor homogeneidad. Por consiguiente, si existe sospecha de variación periódica (e.g. muestreo

en sentido de la pendiente), se recomienda tomar las muestras a distancias variables, cambiar la orientación de la cuadrícula, incrementar el tamaño del área de estudio y de la muestra.

- ✓ No existe un método enteramente válido para estimar el error de muestreo, partiendo de una sola muestra sistemática.

El **Muestreo sistemático no alineado** combina las ventajas de la cuadrícula regular y la aleatorización. En la Figura 27, se representa el diseño de este tipo de muestreo y a continuación se describe una forma sencilla de realizar éste.

	X	Y
Fila	Constante	Aleatorio
Columna	Aleatorio	Constante

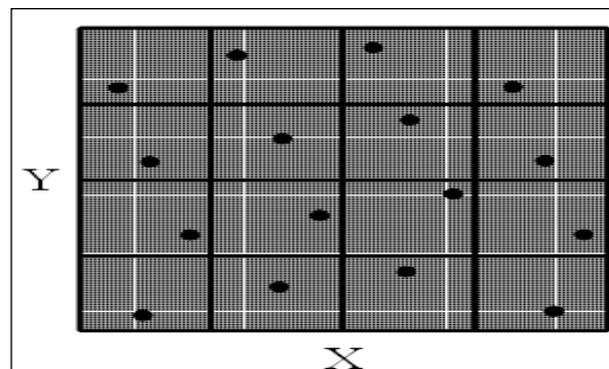


Figura 27. Diseño de la red de muestreo.

- Se divide el área total en celdas mediante una cuadrícula.
- En cada celda se superpone una cuadrícula más fina.
- En una celdas de las esquinas se ubica un punto aleatoriamente (X, Y).
- Para las celdas restantes en la fila, se escoge el punto utilizando el mismo valor de X pero con Y determinado en forma aleatoria (la fila tiene el valor de X constante y el valor de Y aleatorio).
- Para la primera columna se ubican los puntos de cada celda utilizando el

mismo valor de Y de la celda inicial y variando el valor de X aleatoriamente (la columna tiene el valor de X aleatorio y el valor de Y constante).

- En las celdas restantes, la posición del punto es determinada por el valor de X de la primera celda de esa fila y el valor de Y de la primera celda de esa columna.
- En resumen los valores de Y y X por fila y columna se seleccionan de la siguiente manera:

Este tipo de muestreo tiene la ventaja de que aunque su análisis es similar al muestreo sistemático, contribuye a evitar que la selección de la muestra coincida con alguna variación periódica de la población; incluso en algunas circunstancias puede ser más preciso que el muestreo aleatorio estratificado y que el muestreo sistemático alineado, aunque tiene el inconveniente de que no hay una forma simple de estimar el error de muestreo, al igual que el muestreo sistemático

A partir de la selección de este muestreo, se realizó el diseño experimental en condiciones de campo para llevar a cabo la investigación.

3.5. Diseño experimental

Se realizaron dos experimentos simultáneos en las áreas seleccionadas. Un primer experimento (experimento 1) con un diseño de muestreo sistemático no alineado, y un segundo experimento (experimento 2) con un diseño de muestreo en diagonal, que es el que actualmente se utiliza en Cuba para el estudio de las enfermedades transmitidas por los patógenos del suelo según las Metodologías de Señalización y Pronóstico del INISAV (1983), con el objetivo de comparar los resultados obtenidos en ambos experimentos y demostrar cuál de estos permite una valoración más exacta y detallada del desarrollo de la enfermedad dentro del área evaluada, para ser incluido dentro de la metodología que se propone.

Experimento 1. Muestreo sistemático no alineado

El esquema del diseño experimental que se corresponde con el muestreo sistemático no alineado, se muestra en la Figura 28, el cual se estableció en seis de las hectáreas seleccionadas de cada entidad.

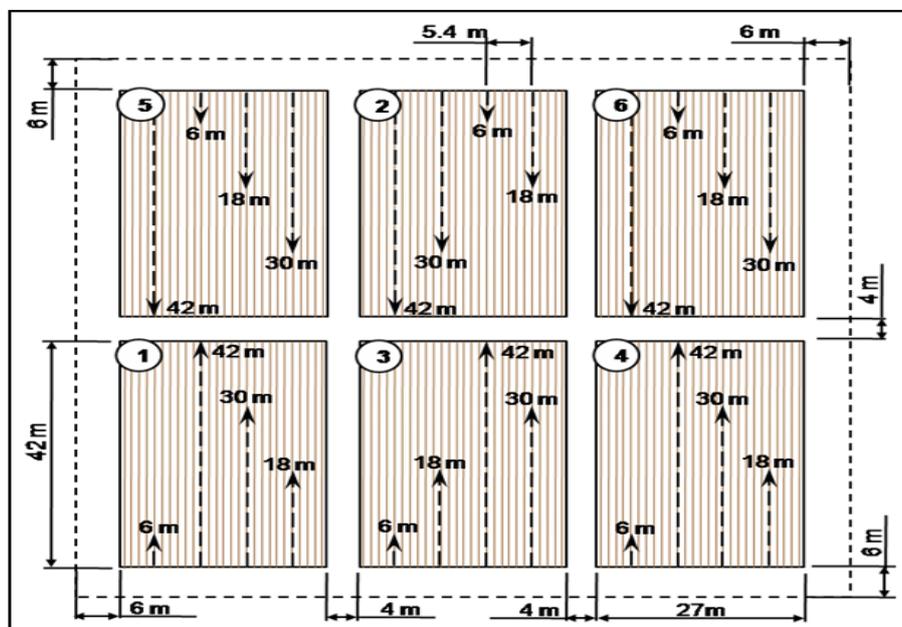


Figura 28. Representación gráfica del muestreo sistemático no alineado empleado en las seis hectáreas seleccionadas por entidad, para evaluar la enfermedad.

Cada cuadrícula representa una parcela de muestreo; de esta forma, se tienen seis puntos de muestreo por hectárea y 36 por entidad, para un total de 72 puntos entre las dos entidades. Todos los puntos están referenciados sobre un origen de coordenadas previamente establecido en uno de los vértices de la hectárea, distribuidos en un diseño de Bloques al azar dentro de cada hectárea.

En cada uno de los puntos, se establecieron cuatro subpuntos a partir del surco número 6, 12, 18 y 24, a una distancia de 6, 18, 30 y 42 metros desde el borde hacia adentro (Fotos 12 y 13), donde fueron tomadas las muestras de plantas para su evaluación.

Principales características de los puntos de muestreo

- Dimensiones: 27 m de ancho por 40,2 m de largo
- Separación entre puntos de muestreo: 4 m

- Distancia efecto de borde: 6 m por cada extremo de la ha



Fotos 12 y 13. Demarcación de los límites de los puntos de muestreo dentro de las áreas experimentales, en cada una de las entidades evaluadas (Fuente: Fotos de la autora).

Experimento 2. Muestreo diagonal en zig- zag

El diseño del muestreo diagonal en zig- zag se representa en la Figura 29, el mismo fue implementado también en otras seis hectáreas de cada entidad. En cada hectárea se diseñó una parcela, con un área de 88 m², con un efecto de borde de 6 m por cada extremo, dentro de esta se trazó una diagonal para realizar la evaluación de la enfermedad.

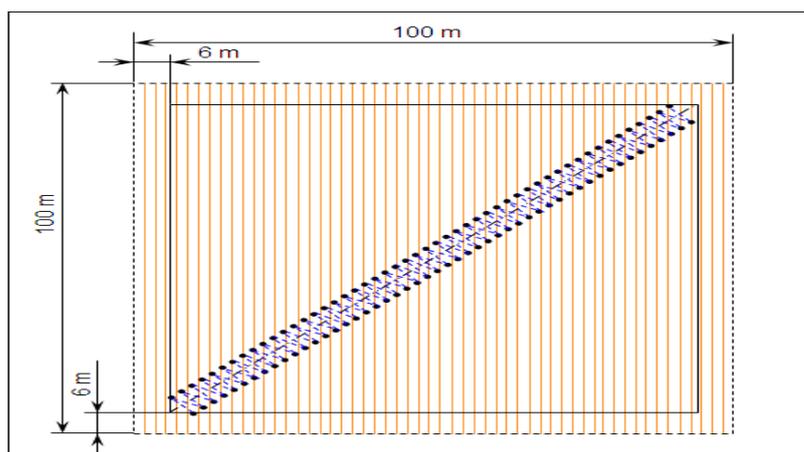


Figura 29. Representación gráfica del muestreo diagonal en zig-zag empleado en las seis hectáreas seleccionadas por entidad, para evaluar la enfermedad.

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Evaluación de la enfermedad

En ambos experimentos, a partir de los 15 días de establecido el cultivo, se comenzó a realizar la evaluación de la enfermedad con una frecuencia semanal. Se llevaron a cabo un total de siete evaluaciones durante el desarrollo del cultivo, tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Evaluaciones realizadas durante el desarrollo del cultivo.

Nº Evaluaciones	Fecha	Días de establecido el cultivo
1	11 de mayo	15 días de establecido el cultivo
2	18 de mayo	21 días de establecido el cultivo
3	25 de mayo	28 días de establecido el cultivo
4	1 de junio	35 días de establecido el cultivo
5	8 de junio	42 días de establecido el cultivo
6	15 de junio	49 días de establecido el cultivo
7	22 de junio	56 días de establecido el cultivo

Experimento 1

Para la evaluación de la enfermedad, se tomaron cinco plantas al azar alrededor de cada sub-punto (en un radio no mayor de 2 m). De esta forma, se colectaron 20 plantas por parcela y 120 plantas totales por hectárea, lo que representa 720 plantas por entidad y 1440 plantas totales por cada evaluación (Foto 14 y 15)

Teniendo en cuenta la cantidad de evaluaciones realizadas, el número total de plantas analizadas por entidad fue de 5 040 y de 10 080 plantas de forma general para todo el estudio.



Fotos 14 y 15. Toma de muestras en los diferentes puntos y sub-puntos de muestreo, correspondientes a las áreas seleccionadas de cada entidad (Fuente: Fotos de la autora).

Experimento 2

En este caso, la evaluación de la enfermedad se realizó tomando 100 plantas en zig-zag sobre la diagonal establecida en cada parcela enmarcada dentro de las hectáreas seleccionadas, lo que representa 600 plantas totales por cada entidad y evaluación (Fotos 16 y 17).



Fotos 16 y 17. Toma de muestras en las diagonales establecidas en cada área seleccionada por entidad (Fuente: Fotos de la autora).

Por tanto, considerando la cantidad de evaluaciones realizadas, el número total de plantas analizadas por entidad en este ensayo fue de 4200 y de 8400 plantas de forma general en el estudio.

En los dos experimentos realizados, las muestras de plantas tomadas por cada evaluación, fueron colocadas en bolsas plásticas previamente identificadas y trasladadas al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de la provincia de Holguín (LPSV-H), para seleccionar aquellas que presentaban síntomas característicos de *R. solani* (Fotos 18 y 19) u otras patologías, en su sistema radicular.



Fotos 18 y 19. Muestras de raíces de plantas seleccionadas por observación visual con síntomas característicos de *R. solani*, procedentes de las áreas experimentales (Fuente: Fotos de la autora).

3.6.1.1. Aislamiento e identificación de los hongos presentes en la rizosfera del cultivo y su frecuencia de aparición

Se procedió a realizar el aislamiento e identificación de los hongos presentes en la rizosfera del cultivo de ambos experimentos, por los Procedimientos Normativos Operativos (PNO) del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Holguín, según lo recomendado por el Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal de Cuba, (2010).

Para lo cual, todas las muestras de raíces se lavaron cuidadosamente en agua corriente para eliminar restos de suelo, luego se revisaron macroscópicamente, con el objetivo de describir los síntomas presentes. Se conformaron dos grupos, el primero con las plántulas que exhibían síntomas típicos inducidos por *R. solani*, que se caracterizaron por exhibir lesiones cóncavas rojizo-pardas y estrangulamiento en la base del tallo, las cuales fueron separadas para su posterior análisis y el segundo con muestras de raíces afectadas con otros síntomas.

Los fragmentos de tejidos de raíces afectadas pertenecientes al segundo grupo, se trataron con solución al 1 % de hipoclorito de sodio por 2 minutos; se lavaron con agua destilada estéril y se secaron con papel de filtro esterilizado. Todas las porciones de tejidos obtenidas y desinfectadas se sembraron en medio de cultivo y cámara húmeda.

Medios de cultivo

Se utilizaron los medios de cultivos siguientes: Agar Agua (AA) como medio inicial, Sabouraud Dextrosa Agar (SDA) y Papa Dextrosa Agar (PDA), procedentes del Centro Nacional de Biopreparados de Cuba (BIOCEN). Se utilizaron placas petri (90 x 15 mm). Se sembraron cuatro fragmentos de muestras del material desinfectado, por placas.

Se rotularon las placas con los datos de la muestra y la fecha en que se realizó la siembra. Luego se incubaron las placas en cuarto de incubación durante 7 - 10 días a una temperatura de 25 - 28 °C. Las observaciones comenzaron a partir de las 48 horas.

Cámara Húmeda

Este método le brinda al organismo fungoso las condiciones de temperatura, humedad e iluminación necesarias para el desarrollo de sus estructuras de reproducción, a partir de los cuales se realiza su identificación.

Se utilizaron placas petri (150 x 25 mm), en las cuales se colocaron tres capas de papel de filtro humedecidos con agua esterilizada y sobre estos, se ubicaron portaobjetos, con el objetivo de que los fragmentos del material vegetal tratados y situados dentro de la placa, no tuvieran contacto directo con el papel de filtro (Fotos 20 y 21).



Fotos 20 y 21. Cámaras húmedas con muestras de partes de raíces afectadas, procedentes de las áreas experimentales (Fuente: Fotos de la autora).

Luego se rotularon las placas petri con los datos de la muestra y la fecha en que se realizó el montaje de la cámara húmeda, se incubaron en cuarto de incubación durante 7 -10 días bajo las siguientes condiciones.

- Iluminación 8 horas de luz alternada con 16 horas de oscuridad, con una lámpara de luz fluorescente de 20 watt ubicadas a una distancia de 40 cm por encima de las placas.
- Temperatura de 22 - 28 °C.
- Humedad suficiente para mantener hidratado el papel de filtro, siempre evitando el exceso de agua sobre esta.

Las observaciones comenzaron a partir de las 48 horas.

Los crecimientos obtenidos en medios de cultivo y cámaras húmedas (Fotos 22 y 23), se observaron bajo estéreo microscopio (Wild M5A) para evaluar su crecimiento; además, se realizaron preparaciones fijas con objetivos de identificación, utilizándose en este caso un microscopio compuesto (Carl Zeiss Primo Star).

La identificación se realizó según las claves del Common Wealth Mycological Institute (CMI) N° 406, (1980).



Fotos 22 y 23. Crecimiento micelial de los hongos presentes en las muestras de raíces afectadas, procedentes de las áreas experimentales, en cámaras húmedas (Fuente: Fotos de la autora).

- Determinación de la frecuencia de aparición de los hongos del suelo presentes en las áreas experimentales

Una vez aislados e identificadas los hongos presentes en las áreas experimentales de ambos experimentos, se determinó su frecuencia de aparición, a partir del cálculo del porcentaje de muestras positivas correspondiente a cada agente patógeno en cada uno de los puntos de muestreo y para cada evaluación realizada durante el estudio, con el objetivo de conocer la patología de mayor frecuencia de aparición en las áreas bajo estudio.

3.6.1.2. Morfología de *R. solani* en raíces de frijol caupí con síntomas típicos de la enfermedad

El aislamiento y la identificación del material sintomático de *R. solani* a partir de plantas colectadas en campo, se realizó por los Procedimientos Normativos Operativos (PNO) del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, según lo recomendado por el Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal de Cuba, (2010).

Las muestras se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1 % durante dos minutos; luego se lavaron con agua destilada estéril y se colocaron en papel absorbente para su secado.

Con bisturí esterilizado y bajo cámara de flujo laminar se cortaron secciones de raíces (2 - 4 mm), a partir de la zona de avance de la lesión.

Luego, con una aguja de disección, se colocaron cuatro cortes en placas de Petri de (90 x 15 mm) con el medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA), suplementado con el antibiótico sulfato de estreptomina a una concentración de 50 mg/L para disminuir el crecimiento de bacterias.

La incubación se realizó en cuarto de incubación a temperatura ambiente (25°C - 28°C), con iluminación y oscuridad alterna (12h / 12h) empleando luz fluorescente (lámpara de 20 watt). Los tiempos de incubación oscilaron entre 7 - 10 días, comenzando las observaciones a partir de las 48 horas.

Las colonias con características típicas de *R. solani* se transfirieron a placas de Petri y tubos de ensayo con PDA, las cuales fueron observadas al microscopio óptico para su descripción morfológica y para obtener los aislamientos, así como los cultivos puros del hongo. Fueron seleccionados 8 aislamientos, CRG-1, CRG1.1, CRG- 2 CRG 2.2 y CRC-1, CRC1.1, CRC-2, CRC 2.2 que indujeron lesiones en el hipocótilo y raíz, con el fin de efectuar la caracterización morfológica en medios de cultivo y las pruebas de patogenicidad.

3.6.1.3. Caracterización morfológica en medios de cultivo y patogenicidad de los aislamientos

Para la caracterización morfológica de *R. solani* fueron utilizados 8 aislamientos (CRG- 1, CRG-1.1, CRG- 2, CRG 2.2, CRC-1, CRC-1.1, CRC-2 y CRC- 2.2), tomando como criterios: la tasa y tipo de crecimiento, zonación y formación de esclerocios.

La tasa de crecimiento fue determinada midiendo el diámetro de las colonias después de las 24 y 48 h de incubación (dos evaluaciones).

Para lo cual los aislamientos fueron transferidos a placas de Petri de (90 x 15 mm) que contenían medio de cultivo PDA y se incubaron durante 48 h. En la zona de crecimiento de las colonias, se tomaron discos de agar de 3 cm de diámetro que fueron colocados en el centro de cada placa de Petri con PDA,

utilizándose cinco placas para cada aislamiento (5 repeticiones) en un diseño completamente al azar.

Los datos obtenidos, se interpretaron mediante un análisis de varianza y comparación de medias según prueba de Duncan. El análisis fue realizado usando el procedimiento de modelo lineal general del programa SAS (Cary, NC. Versión 8,2).

Para el tipo de crecimiento se tomó en cuenta las características de los aislamientos en el medio de cultivo en cuanto a color y crecimiento del micelio.

La zonación se refiere a cambios periódicos en el crecimiento micelial y en la densidad, que da como resultado la formación de regiones miceliales compactas (Ui, 1973 y Galindo *et al.*, 1982). Fue determinada colocando discos de agar de 3 cm de diámetro en el centro de cada placa de Petri con PDA. Estas placas (cinco por aislamiento) se envolvieron con papel aluminio, para proporcionar absoluta oscuridad y se incubaron durante dos semanas a temperaturas que oscilaban entre 25- 28 °C.

La formación de esclerocios se evaluó colocando en el centro de las placas de Petri con PDA, discos de agar de 3 cm de diámetro de la zona de crecimiento de los aislamientos. Las placas (cinco por aislamiento) fueron incubadas a temperaturas de 25- 28 °C, bajo luz continua durante dos semanas.

Pruebas de patogenicidad

Para determinar la patogenicidad se aplicaron los postulados de Koch, los cuales permiten identificar de forma rápida utilizando hospedantes sanos de la misma especie, el agente causal que está ocasionando afectaciones fisiológicas a las plantas (Flores-Olivas *et al.*, 1997; Gutiérrez, 2006), los cuales son enunciados a continuación:

- El organismo debe ser encontrado asociado con la enfermedad en todos los casos observados.
- El organismo patógeno debe ser aislado y cultivado *in vitro* en el laboratorio.

- El organismo patógeno debe ser inoculado a un hospedante sano de la misma especie o variedad en la cual aparece la enfermedad.
- El organismo patógeno debe ser reaislado en cultivo puro y tener las mismas características que el postulado 2.

En las pruebas de patogenicidad se utilizó la variedad de frijol caupí INIFAT- 93 que fue la evaluada en el estudio. Se probaron cuatro aislamientos de *R. solani* identificados como CRG- 1, CRG- 2, CRC-1 y CRC-2.

Para el crecimiento del solani, se colocaron 100 semillas de *Z. mays* (maíz) en remojo por 12 h en agua destilada estéril. Luego, las semillas fueron sometidas a autoclave a 121 °C durante 30 min, culminado este proceso, las semillas se colocaron en vasos de precipitado con capacidad de 250 ml y se les agregó a cada vaso dos discos de PDA de 1.5 cm de diámetro, extraído del margen de las colonias de cuatro días de crecimiento, menos al testigo que solo se le agregó PDA si en el hongo, se incubaron a temperatura de 25 – 28°C por 10 días. Cada dos días los vasos fueron agitados para asegurar el crecimiento homogéneo del hongo en las semillas de maíz.

Posteriormente, se tomaron semillas de la variedad de frijol caupí INIFAT- 93, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % por 2 min y se colocaron en placas de Petri con medio de cultivo PDA, e incubadas a temperatura de 25 – 28°C durante tres días, con el objetivo de escoger las semillas completamente sanas para la siembra.

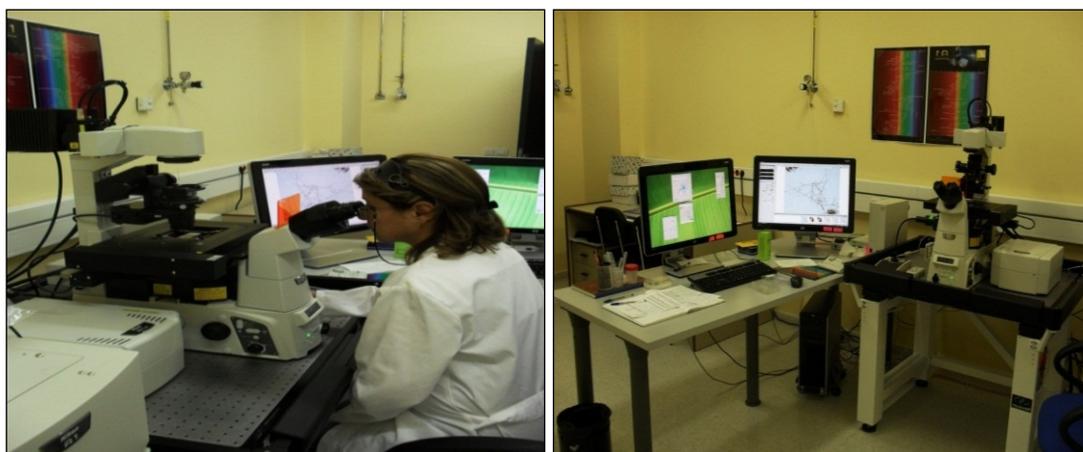
Las semillas seleccionadas fueron sembradas en bolsas de polietileno de 20 x 25 cm, con una mezcla de arena y suelo estéril. A cada bolsa se le sembró una semilla y se inocularon con un grano de maíz infestado con *R. solani* cercano a la misma. Al testigo se le colocó el grano de maíz sin el hongo.

Después de 15 días, todas las plantas fueron removidas de las bolsas y se eliminó el suelo presente en las raíces con agua corriente. Las raíces e hipocótilos de cada planta fueron evaluados usando una escala ordinal del 0 al 5, desarrollada por Cardoso y Echandi (1987), donde:

Grados	Descripción
0	ninguna lesión
1	lesiones <2,5 mm de largo,
2	lesiones desde 2,5 hasta 5 mm,
3	lesiones >5 mm,
4	lesiones rodeando la planta y marchitando hojas
5	plantas con " <i>Damping-off</i> " o muerte.

Además de las pruebas de patogenicidad realizadas, se enviaron cultivos puros correspondientes a cada una de las cepas obtenidas de este patógeno, hacia el Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal de Cuba (INISAV), para confirmar su identificación y ubicación taxonómica dentro del complejo *R. solani*; se utilizó para estos casos el Protocolo de Tinción de Núcleos (según Roger, 1965).

Se hicieron también varias preparaciones fijas con muestras de las cepas aisladas en el estudio, para su observación y caracterización en la Unidad de Microscopía, de los Servicios de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de A Coruña (UDC), España (Fotos 24 y 25).



Fotos 24 y 25. Observación y caracterización de las cepas de *R. solani* obtenidas en el estudio, en la Unidad de microscopía (SAI) de la UDC (Fuente. Fotos de la autora).

3.6.2. Distribución de *R. solani* en los experimentos evaluados

A partir de los resultados logrados en la frecuencia de aparición y confirmarse la presencia del patógeno que alcanzó el mayor valor, se procedió a determinar su porcentaje de distribución en ambos experimentos, cuyos valores obtenidos fueron dispuestos en la base de datos confeccionada para el estudio, conjuntamente con otras variables de interés, para su procesamiento estadístico y geoestadístico.

El porcentaje de distribución, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$D(\%) = \frac{n}{N} \cdot 100$$

Donde:

D (%): Porcentaje de distribución

n : Número de plantas afectadas

N : Número total de plantas evaluadas.

Además, en este aspecto se contempló la ocurrencia de las variables climáticas, así como los resultados del análisis químico del suelo evaluado, para determinar su influencia en la distribución de *R. solani*.

3.6.2.1. Variables climáticas y su influencia sobre la distribución de *R. solani*

El registro de las variables climáticas, es fundamental para evaluar el comportamiento de los organismos vivos en cualquier hábitat, pues estos tienen influencia directa e indirecta sobre los mismos, la influencia indirecta se determina a través del suelo y la vegetación fundamentalmente. Las variables climáticas influyen sobre los insectos y patógenos de plantas no aisladamente, sino como un todo; por tanto, la importancia de cada uno de ellos depende de su combinación con los demás.

En el caso de *R. solani* su actividad biológica y distribución en diferentes agroecosistemas y cultivos está influenciado por la ocurrencia de condiciones climáticas favorables, entre las que se destacan la humedad y temperaturas altas del suelo (Garrido, 1998); (Henderson, 2010); así, el manejo de la

información climática es esencial para conocer las variables que inciden sobre el desarrollo de una patología y sus efectos sobre los cultivos, en cualquier explotación agrícola de interés.

Cuando en los estudios sobre la distribución espacial de una plaga o enfermedad, se utiliza la Geoestadística como herramienta para caracterizar a estos organismos y planificar su lucha fitosanitaria, es necesario considerar las variables ecológicas y medioambientales para lograr un conocimiento estimado de toda el área de estudio y evaluar como influyen estas sobre sus comportamientos. Por tanto, se hace indispensable en este trabajo tener en cuenta la ocurrencia de estas, para analizar si sus valores se correponden con los reportados por diversos autores en estudios realizados sobre este patógeno y de esta forma determinar su influencia en la distribución de *R. solani*.

En la investigación los datos climáticos se tomaron de la Estación Meteorológica de Velasco, perteneciente al Centro Meteorológico Provincial de Holguín del Instituto de Meteorología de Cuba, ubicada a una distancia de 2 km de las parcelas experimentales.

Las variables climáticas registradas fueron: Temperaturas ambientales (máximas, mínimas y medias), humedad relativa (máximas, mínimas y medias), evaporación, precipitaciones, temperatura del suelo (máximas, mínimas y medias) así como la humedad del suelo.

Para las mediciones de las variables climáticas, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Termógrafo (Temperatura ambiental).
- Higrotermógrafo (Humedad relativa).
- Evaporímetro de suelo (Evaporación).
- Pluviómetro (Precipitaciones).
- Termómetro móvil superficial (Temperatura del suelo).

Evaluación de la temperatura del suelo

La temperatura de suelo es uno de los factores principales en el crecimiento de las plantas. Todas las plantas de cultivo requieren que el suelo tenga una

cantidad determinada de calor, si han de producir un rendimiento óptimo. Esta también influye en el desarrollo del sistema radical y en la actividad de organismos benéficos y nocivos que habitan los suelos (Bernal *et al.*, 1998).

Bolton *et al.* (2010), consideran de gran importancia este factor climático para *R. solani*, pues se ha comprobado que este patógeno puede sobrevivir y producir abundantes esclerocios y basidiosporas a diferentes rangos de temperatura del suelo desde mínimas, medias y máximas.

El registro de las temperaturas del suelo en el estudio, se realizó dentro del área de cada uno de los puntos de muestreo en ambos experimentos, distribuidos en las hectáreas seleccionadas de ambas entidades.

Para medir la temperatura del suelo se utilizó un termómetro de 35 cm de longitud. El termómetro se introdujo en el suelo y pasado aproximadamente un minuto, se extrajo para efectuar rápidamente su lectura, por su gran sensibilidad a la radiación solar y a la temperatura del aire.

Evaluación de la humedad del suelo

Para muchos organismos terrestres, sobre todo las plantas, la humedad del suelo es de suma importancia, ya que constituye la fuente principal de abastecimiento de agua y nutrientes disueltos. El crecimiento de las plantas está afectado más directamente por la presencia o ausencia del agua, que el crecimiento de los animales, pero aunque esta es indispensable para la vida de las plantas, un exceso de ella puede producir graves perjuicios, pues unido a determinadas condiciones de temperatura favorece el desarrollo de enfermedades y organismos perjudiciales (Kulicov y Rudney, 1998).

Hwang *et al.* (2007) afirman, que la humedad del suelo tiene una influencia directa en la sobrevivencia y en el desarrollo de varios hongos fitopatógenos que habitan en los suelos, entre los que se encuentra *R. solani*, que conjuntamente con las altas temperaturas que se registran en estos, estimulan la multiplicación y permanencia de este patógeno por varios años.

Por tanto, la cantidad de agua contenida en el suelo que en cierto grado puede satisfacer las necesidades de las plantas, así como favorecer la aparición y

desarrollo de organismos perjudiciales, son datos de gran importancia para el manejo de la producción agrícola en los diferentes agroecosistemas.

La humedad del suelo se expresa como la relación entre el peso de agua contenida en cierto volumen de suelo y el peso del mismo volumen de suelo seco. Esta relación se expresa generalmente en por ciento.

En la investigación, la evaluación de la humedad del suelo, también se realizó dentro del área de cada uno de los puntos de muestreo y en un punto seleccionado por cada hectárea en ambos experimentos y entidades evaluadas, el mismo día en que se tomaron los datos de temperaturas del suelo y se realizaron los muestreos de la enfermedad en el cultivo (siete en total).

Para la toma de las muestras de suelo se utilizó una barrena de suelo AM – 16 a una profundidad de 60 cm. Luego de haber introducido la barrena al suelo hasta la profundidad anteriormente mencionada, se retiró la tierra que se adhirió a los lados de la barrena y del cilindro hueco que esta posee; con una espátula se tomaron muestras de suelo de 30 g y se colocaron en los envases de aluminio (Foto 26), los cuales fueron sellados herméticamente para evitar la pérdida de agua.



Foto 26. Toma de las muestras de suelo en las áreas experimentales y colocación de las muestras en los envases de aluminio (Fuente: Fotos de la autora).

Los envases de aluminio se encontraban correctamente tarados (peso del recipiente incluyendo el peso de la tapa) y enumerados, luego se llevaron al

laboratorio de la Estación Meteorológica, para determinar la humedad de cada muestra, a través del método gravimétrico el cual se detalla a continuación.

El primer paso fue pesar cada envase metálico con la muestra de suelo en una Balanza Analítica (modelo Sartorio), con la precisión de una décima de gramo; después del pesado, se abrieron los recipientes y se colocaron en una estufa a una temperatura de 100 °C por diez horas.

Concluido el proceso de secado en la estufa, los recipientes se sacaron y se revisaron para garantizar que no quedara humedad en las muestras de suelo, una vez comprobado que estaban secas completamente, se taparon y se pesaron nuevamente.

Con los resultados de los pesajes realizados se obtuvieron los datos necesarios para computar la humedad de las muestras de suelo, a través de la siguiente fórmula:

$$HS = \frac{a}{b} \cdot 100$$

$$a = P_2 - P_3$$

$$b = P_3 - P_1$$

donde:

HS: humedad del suelo (%).

a: peso del agua evaporada (g).

b: peso de la muestra seca de suelo (g).

*P*₁: peso del recipiente vacío (g).

*P*₂: peso del recipiente con la muestra de suelo sin secar (g).

*P*₃: peso del recipiente con la muestra de suelo seco (g).

Otras variables evaluadas relacionadas con la humedad del suelo

Durante la investigación, en cada uno de los experimentos analizados se realizaron diferentes labores al cultivo como parte de su tecnología, entre las que se incluyeron la aplicación del riego. Como esta práctica agronómica tiene a la vez influencia sobre la humedad del suelo, se consideró necesario valorar en el estudio algunas variables relacionadas con el riego, cuyos valores

registrados en el estudio en cada una de las entidades evaluadas aparecen detallados en los Anexos 4 y 5. Las variables mencionadas se relacionan a continuación.

- Humedad inicial.
- Dosis parcial de riego más precipitación aprovechable ó efectiva.
- Dosis parcial de riego o lámina de agua.
- Evapotranspiración.
- Humedad final.

Humedad inicial (W_i)

La Humedad inicial es la humedad existente en el perfil considerado (normalmente en la capa activa) en un momento determinado y puede encontrarse en el rango entre el punto de marchitez y la saturación.

Para la valoración de la humedad inicial, se utilizó el método gravimétrico anteriormente explicado.

Como los datos de la humedad inicial por el método gravimétrico se expresaron en por ciento, para homogenizar la unidad de medida en todas las variables relacionadas con el riego en el estudio, los resultados se expresaron como lámina de agua en mm.

Se empleó la siguiente expresión:

$$W_i = 10 \cdot H \cdot \alpha \cdot H_p$$

donde:

H : capa activa

α : densidad aparente

H_p : humedad presente.

Dosis parcial de riego o lámina de agua (D_r)

Es la cantidad de agua expresada en metros cúbicos por hectáreas o en milímetros, que debe suministrarse a un determinado suelo bajo cultivo para mantener la capa activa del suelo dentro de los límites permisibles para el cultivo, es decir es el volumen de agua que se aplica en un riego. Al aplicar la

norma parcial de riego la reserva de humedad del suelo que estaba en W_{\min} (volumen de agua mínimo) se eleva a W_{\max} . (volumen de agua máxima). La expresión más sencilla para el cálculo de la norma parcial es:

$$D_r = W_{\max} - W_{\min}$$

Pero como:

$$W_{\max} = 10 H \alpha c;$$

$$W_{\min} = 10 H \alpha L_p$$

En el estudio para el cálculo de la dosis parcial de riego, que se expresó como lámina de agua en mm, se sustituyeron las dos ecuaciones anteriores por su igual y tomando factor común, se utilizó la siguiente fórmula:

$$D_r = 10 H \alpha (cc - L_p) [\text{mm}]$$

donde:

H : capa activa

cc : capacidad de campo

α : densidad aparente

L_p : Límite productivo

Dosis parcial de riego más precipitación efectiva ($D_r + P_a$)

La precipitación efectiva (P_a) es aquella parte de las precipitaciones o lluvias que se introduce en la capa del suelo ocupada por el sistema radicular de las plantas (capa activa) y es utilizada por ellas; su determinación tiene mucha importancia, pues el elemento de la ecuación de balance hídrico que aporta, en las condiciones de Cuba, la mayor parte de los ingresos de agua de fuentes naturales.

Para el cálculo de la precipitación efectiva o lluvia aprovechable, se utilizó el Software CROWAT para Windows versión 8.0 por el método del USDA. SCS, recomendado por la FAO (2006).

Luego para determinar la variable dosis de riego + precipitación efectiva ($D_r + P_a$), se tomaron los valores de la norma parcial de riego anteriormente

calculada y se sumaron a los valores obtenidos de la lluvia aprovechable o precipitación efectiva.

Evapotranspiración (E_t).

La evapotranspiración es la pérdida de agua del suelo producto de la evaporación que tiene lugar en sus capas superficiales y la transpiración de las plantas, es un proceso fisiológico originado desde el punto de vista físico por la diferencia entre la concentración del vapor de agua dentro de los tejidos vegetales con la atmósfera circundante.

Su variación en los cultivos agrícolas, depende de la incidencia de varios factores tales como:

1. El poder evaporante de la atmósfera, determinado por la radiación solar, la temperatura del aire, el déficit de saturación de humedad del aire y la velocidad del viento.
2. Las particularidades biológicas de la planta, especie, variedad, tipo de hojas y especialmente la fase de desarrollo de los cultivos, pues cada especie tienen su fase de mayor demanda de agua en el ciclo vegetativo.
3. La humedad presente en el suelo dentro de la capa activa, desarrollo radicular, así como el contenido de sales del suelo.
4. Las técnicas de riego empleadas.

En la investigación la evapotranspiración se determinó por el método del evaporímetro, según el Manual de Evapotranspiración del cultivo, Guía para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos (Allen y Pereira, 2006) aplicando la siguiente ecuación:

$$E_t = E_{t0} \times K_c$$

$$E_{t0} = K_p \times E_v$$

donde:

E_{t0} : evapotranspiración de referencia

K_c : coeficiente de cultivo

K_p : Coeficiente del tanque evaporímetro

E_v : Evaporación que registra el tanque.

Humedad final (W_f).

La humedad del suelo está constantemente variando según predominen los gastos o los ingresos.

Si se verifica la reserva de humedad al inicio (W_i) de un período de tiempo (t) se puede conocer la reserva de humedad al final (W_f) si se conocen los ingresos y egresos producidos. Estas variaciones de la humedad en el suelo pueden analizarse aplicando una ecuación de balance hídrico, en la cual existen varios elementos que componen el ingreso, los cuales son:

- Parte efectiva de las precipitaciones durante el período considerado (P_a);
- Ingreso de humedad por capilaridad en los casos de un manto freático alto que suministre a la zona radicular (M_k);
- Ingreso de humedad debido al aumento de la profundidad explorada por las raíces ($M\Delta H$);
- Ingreso por suministro artificial de agua de riego (D_r);

La suma de todos los ingresos será:

$$\sum \text{Ingresos} = P_a + M_k + M\Delta H + D_r$$

Mientras que el egreso será la evapotranspiración, que como se explicó anteriormente, es la suma de la evaporación de la superficie del suelo y de las hojas de un cultivo determinado y la transpiración de este.

La variación de la reserva de humedad puede expresarse para un período de tiempo Δt como:

$$\pm \Delta W = P_a + M_k + M\Delta H + D_r - E_t$$

La humedad final será:

$$W_f = W_i \pm \Delta W$$

y sustituyendo,

$$W_f = W_i + P_a + M_k + M\Delta H + D_r - E_t$$

Esta última ecuación es conocida como la **ecuación de balance hídrico del suelo** y es la que se utilizó en el estudio para el cálculo de la humedad final.

Es importante destacar que durante el desarrollo de la investigación no se estimó ingreso por capilaridad (M_k), debido a las condiciones hidrogeológicas del área de estudio. Tampoco se consideró el ingreso de humedad por incremento de la capa activa ($M\Delta H$) en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, debido a que las raíces de los cultivos al crecer incrementan el espesor de suelo de donde se puede extraer agua; sin embargo el agua almacenada en valores de humedad que resulta disponible para las plantas puede considerarse como un ingreso, que siempre será de poca importancia dado a su valor, es decir el valor del aporte que representa el incremento de la capa activa tiene poco efecto práctico ya que generalmente no sobrepasa los 15 a 20 mm en el ciclo vegetativo de los cultivos, razón por la cual no se tuvo en cuenta este ingreso.

3.6.2.2. Análisis químicos del suelo y su influencia sobre la distribución de *R. solani*

Los análisis químicos del suelo, constituyen una de las técnicas más utilizadas para la recomendación de fertilizantes (Betancourt *et al.*, 2010). Al emplearlos con estos fines, posibilitan una fuente de información vital para el manejo de los suelos al permitir:

- Clasificar los suelos en grupos afines.
- Predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos.
- Ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo.
- Determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas.

Mientras que, Quintero *et al.* (2002) y Tello *et al.* (2006), señalan que son indispensables los análisis químicos del suelo cuando se estudian las patologías presentes en el mismo, ya que los elementos químicos que componen los suelos pueden influir en la aparición y supervivencia de

patógenos, así como su posterior manejo fitosanitario.

Por tanto, la información obtenida mediante los análisis de los suelos, son una buena base para hacer recomendaciones sobre diversas prácticas en el manejo del cultivo que incluye: el uso de variedades resistentes a patógenos, incorporación de materia orgánica en el suelo, incorporación al suelo de ciertos fertilizantes e incluso, el manejo de las enfermedades en plantas.

Este último aspecto es de gran importancia, al considerar que la presencia de determinados elementos químicos en los suelos, influyen de forma directa sobre la eficiencia de los microorganismos antagonistas que habitan los suelos. El exceso o déficit de un elemento químico del suelo, puede propiciar la incidencia de una plaga o enfermedad; por tanto, el conocimiento de los elementos o compuestos químicos en los suelos, pueden posibilitar el manejo fitosanitario de las plagas y enfermedades que habitan en él y afectan las plantas de cultivo.

Según Nico *et al.* (2003) y Vázquez *et al.* (2008), los suelos con pH ácido y bajo contenido de materia orgánica, afectan el desarrollo de los Actinomycetos especialmente *Streptomyces spp*, que puede ser afortunadamente usado para controlar o reducir las poblaciones de *Pythium sp*, podredumbre del tallo y la raíz de la caña de azúcar; *Fusarium vasinfectum*, el agente causal del marchitamiento del algodón; *S. rolfsii* y *F. oxysporum*, patógenos de diversos cultivos y *R. solani* parásito de plántulas de pimiento y frijol. Además, Bruna, (2004) señala, que el exceso de nitrógeno en el suelo es una condición favorable para el desarrollo de *R. solani*.

Se ha demostrado asimismo que estos análisis constituyen una excelente guía para el uso racional de los fertilizantes. Sin embargo, no debe olvidarse que, en la producción de cultivos, intervienen un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, plagas y enfermedades, control fitosanitario, manejo general y otros, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido.

De todas maneras, la eliminación de las deficiencias nutricionales detectadas mediante los análisis químicos realizados a los suelos, se considera una de las causas más decisivas en el aumento de los rendimientos del cultivo hasta un 50 %, pues la adición al suelo de determinados elementos químicos ya sea de forma orgánica e inorgánica, influye en que las raíces de los cultivos incrementan su desarrollo y si son atacadas por patógenos, pueden tolerarlos debido a su mejor vigor; por el contrario, las plantas con deficiencias nutricionales toleran menos el ataque de estos organismos y crecen más débiles y raquíticas (Betancourt *et al.*, ,2009).

El resultado de los análisis del suelo indica la posibilidad de obtener una respuesta a la aplicación de fertilizantes y otras prácticas que se realizan en el manejo del cultivo, involucrando dos etapas: la interpretación de los resultados y la recomendación. La interpretación se refiere a la estimación de obtener respuesta del comportamiento de los factores asociados al suelo, entre los que se incluyen los microorganismos beneficiosos y perjudiciales que habitan el mismo y cómo influyen sobre el cultivo e incluso sobre otros organismos, en correspondencia con el contenido de elementos químicos presentes.

Por lo que, tomando en consideración lo anteriormente explicado, es fundamental realizar el análisis químico del suelo sobre el cual se llevo a cabo el estudio, para determinar la posible influencia que pueden ejercer los principales elementos químicos presentes, sobre la distribución de *R. solani*.

En el trabajo, se tomaron como referencia los análisis químicos (Características agroquímicas y evaluación agroquímica) realizados por la Dirección Provincial de Suelos perteneciente a la Delegación Provincial del MINAG durante el año 2012 en el Municipio Gibara, reflejados en el Cartograma Agroquímico de las zonas objeto de estudio (Ver Anexo 6 y 7).

Los elementos químicos presentes en los suelos que resultaron de interés, se corresponden con las determinaciones de: Materia Orgánica (MO), pH, N_t , P_2O_5 , K_2O y los cationes de cambio (Mg, Na, Ca, K).

A continuación se hace un breve resumen de las técnicas de análisis empleadas para efectuar estas determinaciones, las cuales forman parte de las Metodologías recomendadas por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

(INCA) vigentes en Cuba y establecidas en el Manual de Técnicas Analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque *et al.*, 2001).

- **Determinación de la materia orgánica**

La Materia Orgánica del suelo se determinó según el método de Walkely-Black (1947). Este método está basado en la oxidación del carbono de la materia orgánica del suelo, por la acción del $K_2Cr_2O_7$ en solución sulfúrica. Es requisito indispensable, para obtener resultados confiables, que en la determinación se utilice exceso de solución de $K_2Cr_2O_7$ y que el H_2SO_4 sea concentrado.

La oxidación del carbono es activada por el desprendimiento del calor que se produce al añadir el H_2SO_4 concentrado sobre la solución de $K_2Cr_2O_7$, lo cual debe ser aprovechado al máximo porque de ello depende la eficiencia de la reacción oxidación - reducción. Con este método se obtienen valores de carbono que se transforman en materia orgánica y los mismos se correlacionan bien con los obtenidos con otros procedimientos. El método es de uso universal y es recomendado por la mayoría de los especialistas en el mundo.

- **Determinación del Nitrógeno total**

El nitrógeno total (N_t) se determinó indirectamente a partir del contenido en materia orgánica, a través de la siguiente expresión:

$$N_t = \% MO \cdot 0,05$$

Por tanto, la estimación asume que el 5 % de la materia orgánica es nitrógeno.

- **Determinación del fósforo asimilable**

El fósforo asimilable (P_2O_5) se determinó según el método de Oniani (1964). Este método es de uso general en Cuba y está basado en la extracción del P con solución 0,1N de H_2SO_4 con relación suelo - solución 1: 25 con agitación de 3 minutos.

El concepto de "asimilable" es muy complejo y se especifica para determinadas condiciones. Es importante tener en cuenta que el valor que se reporta está relacionado con la capacidad que tenga la planta para tomar ese elemento del

suelo.

Para el caso del fósforo (P), este concepto es mucho más complicado por las distintas formas en que puede existir este elemento en el suelo, fundamentalmente los contenidos de calcio (Ca), hierro (Fe), ácidos y los diferentes tipos de arcillas.

La determinación del fósforo en los suelos es importante porque es un elemento determinante para el desarrollo de los cultivos y sus resultados pueden servir de guía para orientar la fertilización.

- **Determinación del potasio asimilable**

Para determinar el K₂O (potasio) se empleó también el método de Oniani (1964), es decir, se utilizó el extracto de suelo obtenido en la determinación del fósforo.

Se toma una porción del extracto (aproximadamente 15 ml), se determina la concentración de K₂O en fotómetro de llama en la misma forma y con el mismo gráfico que se utiliza para determinar K y sodio (Na).

Con la lectura del fotómetro se toma de la curva la concentración de K en ppm y se tiene en cuenta la dilución de la muestra que es de 1: 25 y se aplica la fórmula:

$$K \text{ (ppm)} = K \text{ (ppm) de la curva} \times 25$$

$$K \text{ (cmol/kg)} = K \text{ (ppm)} / 391$$

- **Determinación de los cationes de cambio: Ca, Mg, K y Na**

La extracción de los cationes de los suelos se hace con una solución de una sal neutra. El acetato de amonio en solución normal y ajustado su pH a 7, es la más usada en el mundo. Los cationes del complejo de cambio de los coloides del suelo son intercambiados por el catión amonio (NH₄⁺) de la solución extractante.

Cuando la extracción se hace con la relación de suelo - solución de 1: 5 y agitando durante cinco minutos, entonces los cationes extraídos se expresan como "intercambiables"; es la expresión más utilizada internacionalmente y los valores que se obtienen son más representativos para hacer la evaluación de

los suelos.

- **Determinación del pH en agua**

El pH es un valor que indica la concentración de iones H^+ u OH^- en el suelo y, en consecuencia, el estado de acidez o alcalinidad. Su determinación es importante porque influye sobre la fertilidad de los suelos y condiciona el desarrollo de las plantas que se establecen en ellos.

El pH del suelo se determinó según el método potenciométrico, de acuerdo con la siguiente técnica analítica:

1. Se pesan 20 g de suelo seco al aire y pasado por tamiz de 0,5 mm y se transfieren a un Beaker de 100 – 150 ml.
2. Se añaden 50 ml de agua destilada y a temperatura ambiente, se agita con un agitador de vidrio hasta formar una mezcla homogénea. Después se agita a intervalo de 10 - 15 minutos durante una hora.
3. Pasado el tiempo indicado se lee en el potenciómetro el valor de pH.

3.6.2.3. Comparación de los experimentos realizados y su influencia en la distribución de *R. solani*

Con el objetivo de comparar los experimentos evaluados en cuanto al número de plantas afectadas y determinar su influencia en la distribución de *R. solani*, se llevo a cabo una prueba de comparación de proporciones, donde se trabajó con un total de 10 080 plantas que procedían del Experimento 1 (muestreo sistemático no alineado) y otra del Experimento 2 (muestreo en diagonal) con un total de 8 400 plantas. Ambos grupos de muestras fueron seleccionadas mediante muestreos aleatorios, garantizando las condiciones de independencia en cada caso. También se verificó que los datos analizados procedían de poblaciones normales y estos se procesaron con el programa SPSS en su versión 15.

3.6.2.4. Comparación de los rendimientos del cultivo obtenidos en ambos experimentos y su relación con la distribución de *R. solani*

En el cultivo del frijol caupí tienen gran influencia en sus rendimientos, el tipo de variedad o variedades establecidas, la incidencia de plagas y enfermedades, el momento adecuado de la cosecha y la recolección del grano una vez culminado el ciclo del cultivo (Sing *et al.*, 1997).

Brizuela *et al.* (2011); Chaveco *et al.* (2012); Escalona, (2012) y López *et al.* (2014) señalan, que los valores de rendimiento obtenidos, tienen relación directa con la incidencia de plagas y enfermedades y sus daños ocasionados en los cultivos, siendo de gran interés analizar la influencia de estos organismos cuando se aborda este aspecto en cualquier estudio agrícola.

Por su parte, Sánchez (2005) sugiere, que la cosecha en este cultivo debe efectuarse en el momento óptimo, para que no se afecte la cantidad y calidad del grano, pues una cosecha anticipada eleva los costos al emplearse un determinado tiempo para madurar las vainas y la trilla se realiza con dificultad; mientras que en una cosecha tardía, la cantidad de semilla disminuye por la dehiscencia de las vainas, se intensifica el ataque de plagas y enfermedades y se obstaculiza la separación de los granos contenidos en las vainas.

En el caso de la variedad INIFAT - 93 utilizada en el estudio, cuyo hábito de crecimiento es determinado, según García *et al.* (2003) tiene la característica de que las vainas maduran uniformemente y el momento apropiado para la cosecha de esta variedad será cuando un 90 % de las vainas alcancen la total maduración (color pajizo).

En la investigación, la cosecha se realizó en el momento óptimo (65 - 70 días) de forma manual, con una duración de dos días para cada experimento y entidades evaluadas, lo cual garantizó que se recolectaran la mayor cantidad de vainas con la calidad requerida.

Luego de efectuada la cosecha se evaluaron los rendimientos del cultivo, para lo cual se tomó el peso total de los granos en cada uno de los puntos de muestreo (6/ha) de ambas entidades para el experimento 1 y de forma general en todas las hectáreas seleccionadas (6 ha / entidad) para el experimento 2. El

resto de los componentes del rendimiento como número promedio de vainas por planta y número promedio de semillas por vainas, no fueron evaluados.

Los datos de rendimiento obtenidos por entidad en cada experimento realizado, fueron comparados estadísticamente mediante una prueba de comparación de medias, para lo cual se utilizó el programa STATGRAPHICS – Versión 5.1. Con los resultados alcanzados se comprobó la diferencia entre los experimentos evaluados y se determinó la relación con los porcentos de distribución del patógeno.

3.6.3. Distribución espacial de *R. solani* en las áreas seleccionadas

El estudio de la distribución espacial de *R. solani*, se llevo a cabo mediante un análisis geoestadístico, utilizándose el programa SURFER (<http://www.ai-geostat.org>), la elección del mismo se debe, primeramente, a que con él se pueden efectuar todas las fases de un estudio geoestadístico (análisis exploratorio de los datos, análisis estructural y estimaciones). Además, las representaciones gráficas que se obtienen son de una gran calidad, permiten una elevada versatilidad en cuanto a las formas de mostrar la información disponible y su posible exportación para un uso en otras aplicaciones, así como su fácil utilización.

Para lo cual, se confeccionó una base de datos para su procesamiento estadístico con este tipo de análisis, la cual constó de las coordenadas de los puntos de muestreo (72 totales entre ambas entidades) y el número de plantas afectadas por cada uno de estos puntos y para cada evaluación (muestreo) realizada (siete totales). Esta información se dispuso en forma tabulada en un fichero ASCII.

3.6.3.1. Gradiente ambiental de *R. solani*

Para profundizar los conocimientos sobre las variables abióticas presentes en el agroecosistema que ejercen influencia sobre la incidencia del patógeno, así como en la estructura de su distribución espacial en el área evaluada, se realizó un análisis del gradiente ambiental, en el que se conformó una matriz de datos con el número de plantas afectadas por el patógeno para cada punto de

muestreo (experimento 1) en cada una de las evaluaciones realizadas, conjuntamente con los valores obtenidos de las variables climáticas y otras variables abióticas de interés registradas durante la investigación.

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis factorial de correspondencia múltiple por el STATITCF (1999), para establecer la estructura y detectar el gradiente ambiental que determina la distribución espacial de la especie y sus abundancias relativas. Este método estadístico es considerado un caso particular del análisis de correlaciones canónicas y constituye una extensión de los métodos de análisis de tablas de contingencia a más dimensiones, proceder que no es sólo aplicable para datos cualitativos, también en datos continuos o mixtos (Pardo y Cabarca, 2001; Pérez, 2004; Carvajal *et al.*, 2006).

La matriz se sometió a un método particular de codificación para el cálculo de los valores y vectores propios, donde las variables referidas al clima y la enfermedad se transformaron en tres clases. Para el caso de los factores climáticos, las clases definidas codifican los valores mínimos, medios y máximos y en los de la enfermedad la primera clase se conformó por los valores nulos, la segunda por los valores medios y la tercera por las más altos, mientras que los días de siembra (fenología del cultivo) como otra de las variables analizadas se conformó, con los valores obtenidos del número total de plantas afectadas en cada una de las evaluaciones realizadas, las cuales se correspondieron con las diferentes fases fenológicas del cultivo.

Luego, se proyectó el plano factorial de los ejes I y II donde aparecen las modalidades de las variables consideradas, permitiendo arribar a conclusiones sobre la relación que existe entre la incidencia de la enfermedad y las variables abióticas analizadas.

3.6.3.2. Concurrencia de la especie *R. solani* a través del gradiente ambiental

Para proporcionar nuevos elementos sobre el gradiente ambiental analizado, que permitan una mayor interpretación y caracterización del comportamiento de *R. solani* en las áreas objetos de estudio, se valoró la concurrencia de la especie a todo lo largo de su intervalo.

La concurrencia de *R. solani* fue valorada a partir de la coincidencia del número de plantas afectadas por este patógeno a través del gradiente de cada variable abiótica analizada de mayor influencia sobre su distribución espacial. Para ello se toma el valor máximo y mínimo observado de cada variable y se grafican sus gradientes, considerando pequeños intervalos de sus valores. Luego, se describen los rangos observados de ocurrencia del patógeno analizado, es decir, el valor máximo y mínimo para cada una de las variables y se obtiene el número de plantas afectadas por *R. solani* dentro de ese rango.

Un amplio rango observado de presencia de la especie *R. solani* sobre el gradiente de cualquier factor analizado, significa poca restricción de este a la presencia de la especie, mientras que un rango pequeño evidencia cierta restricción del factor a la presencia de la especie en todo su gradiente.

3.7. Propuesta de la Nueva Metodología

La propuesta de la Nueva Metodología resultante de las investigaciones realizadas en esta Tesis de doctorado se realizó, tomando en consideración lo propuesto por diferentes autores, para la caracterización de las metodologías como importantes resultados científicos. Los cuales fueron referidos anteriormente en el acápite 2.10 de esta Tesis, fundamentalmente, lo recomendado por Fernández, (2010) y De Armas y Valle (2011), lo cual permitió asumir la siguiente conformación para el diseño de la metodología propuesta: 1) Objetivo general, 2) Fundamentación, 3) Etapas y pasos que componen la metodología: representación gráfica, 4) Descripción de las etapas y pasos que componen la metodología. 5) Recomendaciones para su instrumentación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de diferentes métodos de muestreos, así como de análisis geoestadístico y estadísticos empleados en el transcurso de las investigaciones desarrolladas en las entidades productivas seleccionadas de la localidad de Arroyo Seco, municipio Gibara, provincia de Holguín, Cuba, para la propuesta de una Nueva Metodología que permita caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo del frijol caupí, posibilitan obtener los siguientes resultados y efectuar su discusión tal y como se exponen a continuación.

4.1. Evaluación de la enfermedad

4.1.1. Aislamiento e identificación de los hongos presentes en la rizosfera del cultivo y su frecuencia de aparición

Los análisis efectuados a las muestras obtenidas en ambos experimentos, por los diferentes métodos de aislamientos e identificación empleados en el estudio, permitieron conocer los hongos asociados al cultivo y su frecuencia de aparición.

En la Tabla 21, se muestran estos resultados, donde se observa la presencia de 4 especies de hongos tales como: *Rhizoctonia solani* Kühn (Pudrición de la raíz), *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid. (Tizón Ceniciento), *Fusarium R. solani* (Mart.) Sacc. (Pudrición seca) y *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Tizón Sureño).

Tabla 21. Hongos asociados al cultivo del frijol caupí y su frecuencia de aparición

Hongos asociados	Nombre de la enfermedad	Frecuencia de aparición (%)			
		Experim. 1		Experim. 2	
		G. E	CPA	G.E	CPA
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	Pudrición de la raíz	36.2	47.9	23.4	32.7
<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi.) Goid.	Tizón Ceniciento	1.84	3.01	1.10	2.22
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	Pudrición seca	0.87	1.05	0.21	0.59
<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	Tizón Sureño	0.29	1.80	0.10	1.09

Simbología: G.E – Granja Estatal, CPA - Cooperativa de Producción Agropecuaria.

Las principales características morfológicas observadas en estos organismos se detallan seguidamente:

***Rhizoctonia solani* Kühn:** micelio ramificado y tabicado, de color marrón claro, de crecimiento rápido, uniformemente distribuido en la superficie del hospedero, aunque en algunos casos se observó aglomerado, formando cordones visibles macroscópicamente. En los cordones de mayor espesor se encontraron esclerocios de color pardo intenso, de forma aplanada, redondeada, irregular cubiertos por un fieltro espeso y aterciopelado. Microscópicamente se observaron hifas jóvenes de coloración parda amarilla a pardo oscura, cuyas ramificaciones aparecen en ángulo recto de 90°, con constricción cerca de la base y con presencia de células somáticas multinucleadas.

***Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid:** micelio color grisáceo, con presencia de pequeños microesclerocios de color negro, el estudio microscópico mostró estructuras (picnidios) de color carmelita oscuro de 0,1 - 0,2 mm de diámetro, presencia de picnidiosporas continuas, ovaladas, hialinas, sin septas, que varían considerablemente en su tamaño.

***Fusarium solani* (Mart.) Sacc:** micelio aéreo de crecimiento rápido, color crema por su cara superior e inferior y esporodoquio de color crema, microscópicamente se evidencio la existencia de macroconidios abundantes, con paredes delgadas, generalmente cilíndricas, célula basal y apical redonda de 1 a 3 septos, microconidios presentes y abundantes generalmente de células simples, ovaladas o reniformes, clamidosporas presentes en forma simple o en cadenas.

***Sclerotium rolfsii* Sacc:** micelio compuesto por hifas tabicadas y finas de paredes delgadas que se integran en cordones. Las células del micelio son variables, entre 150-250 µm de largo por 2-9 µm de ancho, con uniones características en forma de hebilla las cuales facilitaron la identificación de este hongo, también se observaron abundantes esclerocios globosos de color rosáceo y otros, color café, con formas redondeadas y ovoidal, La observación microscópica reveló además, la presencia de basidios con esterigma como dedos y basidiosporas lisas, hialinas, globosas y piriformes.

Las cuales coinciden con las que se especifican para cada caso en las diferentes claves de identificación utilizadas en el estudio, así como con las descritas por varios autores tales como: Parmeter y Whitney (1970), Papavizas, Adans y Lumsden (1975), Díaz Polanco y Salas de Díaz (1980), Abawi y Pastor-Corrales (1990), Sneh y Ogoshi (1998), Caletine (2001), Pupo *et al.* (2005), Gutiérrez *et al.* (2006), Domínguez *et al.* (2012) y Dasab *et al.* (2013).

Estos hongos detectados en la investigación se han reportado en diversos cultivos para Cuba, por Roseñada (1973); Seidel (1976), Arteaga (1986) y Arnold (1987), autores de los tres últimos catálogos de hongos fitopatógenos en el país. También *R. solani* y *S. rolfsiise* han notificado en la relación de hongos patógenos en plantas medicinales en Cuba, entre los cinco organismos más agresivos. (Fornet *et al.*, 1990).

Lahirigoyen (1989); García *et al.* (1993, 1996)y Chaveco (1996) en trabajos realizados sobre el frijol caupí en la provincia de Holguín; Sánchez *et al.* (1992 y 1996), Mosquera *et al.* (1996), Caballero *et al.* (1996), Gómez *et al.* (1996a), Brizuela (1996), Díaz *et al.* (1996), Zamora (1999), Santiesteban (2002); Rodríguez *et al.* (2005), Escalona (2006), López *et al.* (2009), Milá *et al.* (2011), Pupo *et al.* (2012), también los relacionan como patógenos del cultivo, a excepción de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., que ha sido reportado por López *et al.* (2009) y Gómez *et al.* (2012) en investigaciones desarrolladas sobre las patógenos del suelo asociados al frijol caupí en diferentes agroecosistemas de la provincia de Holguín.

Mientras que a nivel mundial autores como: George (1988), Patel (1989), Fery (1990), Fery *et al.* (1991), Miller *et al.* (1992), Emechebe y Shoyinka (1995), Díaz *et al.* (1996), Lin y Ríos (1999), Bolaños *et al.* (2000), Montealegre *et al.* (2001), Nico (2005), Navarrete *et al.* (2009), Henderson (2010), los informan en varios cultivos según los diferentes folletos y publicaciones editadas sobre el tema.

Con respecto a sus porcentajes de frecuencias de aparición, se aprecia que el mayor fue alcanzado por *R. solani* para ambos experimentos con valores de 36,2 % para la Granja Estatal y 47,9 % para la CPA en el Experimento 1 y de 23,4 % así como 32,7% para la Granja Estatal y la CPA respectivamente en el

Experimento 2, los cuales son superiores a los logrados por el resto de los hongos fitopatógenos encontrados en el estudio.

Varios autores, en investigaciones llevadas a cabo en la provincia de Holguín y otras regiones de Cuba entre los que se destacan, González Ávila *et al.* (1982), Pérez y González (1985), García *et al.* (2004), Chaveco *et al.* (2006), Betancourt *et al.* (2010) y Pupo *et al.* (2012), así como a nivel mundial Barrios y López (1998), Oyekan *et al.* (1999), Escalona *et al.* (2006), Apáez *et al.* (2009); informan valores de frecuencias de aparición de *R. solani* similares a los alcanzados en el estudio y señalan además, que este constituye el principal patógeno del suelo presente en el cultivo del fríjol caupí, con porcentajes de frecuencia de aparición en algunos casos que superan el 50% en regiones de África, México, Venezuela y de otros países de América Latina, donde prevalecen condiciones de altas temperaturas y humedad en los suelos.

Además, fue evidente, que los valores de frecuencia de aparición obtenidos para todos los organismos detectados, fueron superiores en la CPA con relación a la Granja Estatal para ambos experimentos, aunque los obtenidos en la CPA en el Experimento 1 superan a todos los alcanzados en el estudio y en el caso específico de *R. solani* es donde más se acentúa esta diferencia. Con relación a estos resultados es importante señalar, que las hectáreas seleccionadas en la CPA para realizar ambos experimentos, se mantuvieron en barbecho por un período de 5 años sin recibir ninguna atención cultural durante todo este tiempo, debido a las altas infestaciones por patologías del suelo en varios cultivos pertenecientes a estas áreas, entre las que se destacó con mayor porcentaje de infección *R. solani*.

Con relación a lo anterior, autores tales como: Mora (1996), Allen y Lenne (1998), Lehtonen *et al.* (2008), Woodhall *et al.* (2012) señalan, que muchos de los patógenos del suelo permanecen en él por largos períodos de tiempo y que en el caso específico de *R. solani*, que es un parásito facultativo, puede sobrevivir saprofiticamente por muchos años y se mantiene como micelio estéril o esclerocios en el suelo, semilla o plantas hospederas; una vez presente en el suelo, se establece y permanece por tiempo indefinido, siendo necesario aplicar diferentes labores de cultivo al suelo para disminuir las poblaciones de este organismo.

Kerns *et al.* (1999), Caletine (2000 y 2001), Gutiérrez (2006), ICA (2008), Tsror (2010) indican, que *R. solani* puede sobrevivir en el suelo por varios años, de una estación a otra por medio de esclerocios, como micelio en residuos de cosecha, como saprofito del suelo o colonizando los desechos de cultivos y que la escasa realización de prácticas culturales en suelos infestados contribuye a la permanencia y diseminación de este por largos períodos de tiempo.

Por su parte Henderson, (2010) plantea, que *R. solani* sobrevive en el suelo por unos cuantos años en la materia orgánica de la cosecha anterior, así como en la materia orgánica muerta presente en el suelo y como se encuentra en la parte superior (4 pulgadas de la capa tierra) del suelo, usualmente disminuyen sus poblaciones después de una labranza extensa del suelo.

En resumen, las diferencias en los porcentajes de frecuencia de aparición de los patógenos detectados en el estudio entre ambas entidades y específicamente los alcanzados por *R. solani*, donde en la CPA siempre fueron mayores para todos los casos está determinado, a que las áreas seleccionadas de esta entidad como se explicó anteriormente se mantuvieron en barbecho por largos períodos de tiempo, favoreciéndose la permanencia de varios organismos del suelo y especialmente de *R. solani*, la cual en comparación con otros patógenos tiene una gran versatilidad, ya que presenta varios grupos de anastomosis dentro de una misma especie con menor o mayor grado de patogenicidad, posee un amplio rango de hospederos y de estructuras de resistencia (esclerocios) con largo tiempo de viabilidad en los suelos, así como tiene la capacidad de presentar una gran combinación de su habilidad saprofitica y patogénica (Giovanni *et al.*, 2008).

4.1.2. Morfología de *R. solani* en raíces de frijol caupí con síntomas típicos de la enfermedad

Las características de las hifas, junto con la presencia de células multinucleadas y formación de células monilioides descritas por Parmeter y Whitney (1970), Kuramae *et al.* (2003), Tomaso-Peterson (2007) y Yang *et al.* (2017) como propias de *R. solani*, fueron observadas en todos los aislamientos del hongo con síntomas típicos de este patógeno en el estudio. (Fotos 27, 28 y 29).

Además, el micelio observado en todos los casos, mostró apariencia específica del producido por *R. solani*, que incluyen ramificación cercana al septo distal de células vegetativamente jóvenes, constricción de la hifa y formación del septo a corta distancia cercano al punto de origen de la ramificación hifal, micelio con variaciones en color desde pardo-claro hasta pardo-oscuro dependiendo de la edad del cultivo, ramificaciones de las hifas producidas en ángulo recto.

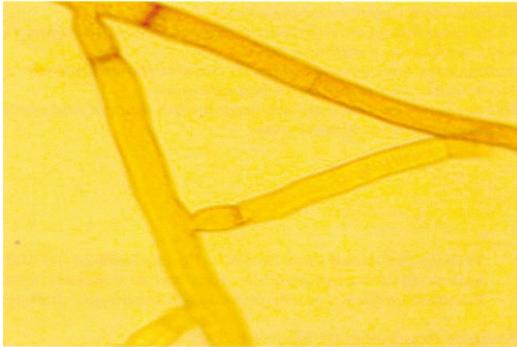


Foto 27. Hifas de *R. solani*.
Fuente: Laboratorio UDC (Microscopía óptica)



Foto 28. Células multinucleadas
Fuente: LaboratorioUDC, Microscopía óptica)

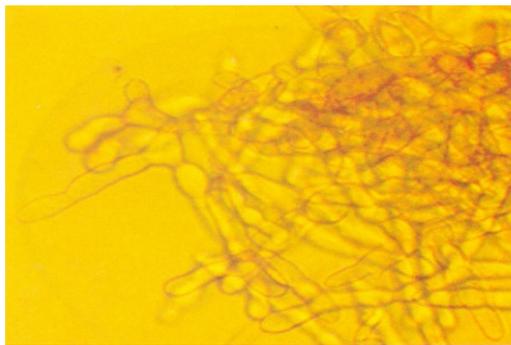


Foto 29. Células moniloides.
Fuente: Laboratorio UDC (Microscopía óptica)

Estas particularidades detalladas anteriormente, se corresponden con las descritas en la literatura científica para *R. solani* por Sneh *et al.* (1991), Rincon *et al.* (1992), Agrios (1995), Carling *et al.* 2002(b) y Gutiérrez *et al.* (2006), además coinciden con las observadas por Perdomo *et al.* (2007); Montero *et al.* (2013) y Yang *et al.* (2017) al evaluar varios aislados de *R. solani*.

4.1.3. Caracterización morfológica en medios de cultivo y patogenicidad de los aislamientos

Tasa de Crecimiento

Los aislamientos de *R. solani* CRG- 1, CRG-1.1, CRG- 2, CRG 2.2, CRC-1, CRC-1.1, CRC-2 y CRC- 2.2 seleccionados y utilizados en la caracterización morfológica de este patógeno en medio de cultivo, difirieron significativamente en su tasa de crecimiento sobre PDA (Tabla 22).

Tabla 22. Tasa de crecimiento de los aislamientos de *R. solani*

Aislamiento	Procedencia	Crecimiento Promedio	
		24h (cm)	48h (cm)
CRG- 1	Granja Estatal Experimento 1	5,10 ^a	8,16 ^b
CRG-1.1	G. Estatal Experimento 1	4,28 ^b	7,80 ^c
CRG- 2	G. Estatal Experimento 2	5,35 ^a	9,04 ^a
CRG 2.2	G. Estatal Experimento 2	2,26 ^d	5,27 ^d
CRC-1	CPA Experimento 1	3,32 ^c	7,32 ^c
CRC-1.1	CPA Experimento 1	3,42 ^c	7,51 ^c
CRC-2	CPA Experimento 2	2,86 ^d	5,60 ^d
CRC- 2.2	CPA Experimento 1	1,70 ^e	3,30 ^e

Medias seguidas de igual letra en la columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Las diferencias en tasa de crecimiento pudieron apreciarse a las 24 horas y fueron más evidentes a las 48 horas, formándose 5 grupos estadísticamente diferentes. A las 48 horas de incubación el aislamiento con más rápido crecimiento fue CRG- 2 con un promedio de 9,04 cm, el cual difiere significativamente del resto de los aislamientos, seguido por el aislamiento CRG-1 con 8,16 cm que también muestra diferencias significativas con todos los aislamientos evaluados, mientras que los aislamientos CRG 1.1, CRC 1.1, CRC 1, no evidenciaron diferencias estadísticas entre ellos pero si con los demás, con tasas de crecimiento intermedio entre 7,32 – 7,80, le continúan en orden descendente los aislamientos CRG 2.2 y CRG 2 con 5,27 y 5,60 respectivamente sin diferencias entre ellos pero si con el resto y el de más

lento crecimiento fue CRC- 2.2 con un promedio de 3,30 cm, el cual mostro diferencias significativas de forma general.

De forma similar, González Ávila (1982); Díaz (1996); Gutiérrez *et al.* (2006), Misawa *et al.* (2010) encontraron diferencias en la tasa de crecimiento entre aislamientos de *R. solani* procedentes incluso de un mismo lugar, determinado porque este patógeno se caracteriza por presentar grupos dentro de la especie designados como grupos de anastomosis, los que constituyen aislamientos genéticamente relacionados, de acuerdo a la capacidad que poseen las hifas de fusionarse.

Montero *et al.* (2013) observaron en 3 aislados de *R. solani* diferencias significativas en cuanto a la tasa de crecimiento con crecimientos de 8,2 y 5,6 cm respectivamente, los cuales no se alejan de los valores obtenidos en el estudio.

Crecimiento y color del micelio

De acuerdo al tipo de crecimiento y color del micelio de los aislamientos analizados (Tabla 23), se encontraron diferencias morfológicas, lo que permitió distinguir 4 tipos de crecimiento del patógeno de acuerdo a sus características culturales (Fotos 30, 31, 32 y 33).

Esto indica que es posible encontrar dentro de una misma población de *R. solani* presente en una determinada zona agroecológica, individuos morfológicamente distintos.

Tabla 23. Características de los tipos de crecimientos en los aislamientos evaluados de *R. solani*.

Tipo deCrec.	Color del micelio	Tipo de crecimiento del micelio
1	Pardo	Micelio adherido al medio de cultivo
2	Amarillo claro y crema	Micelio aéreo muy abundante
3	Pardo rojizo	Micelio aéreo más abundante que el de Tipo 1 y adherido al medio de cultivo.
4	Amarillo claro (blanco-crema)	Micelio aéreo muy abundante

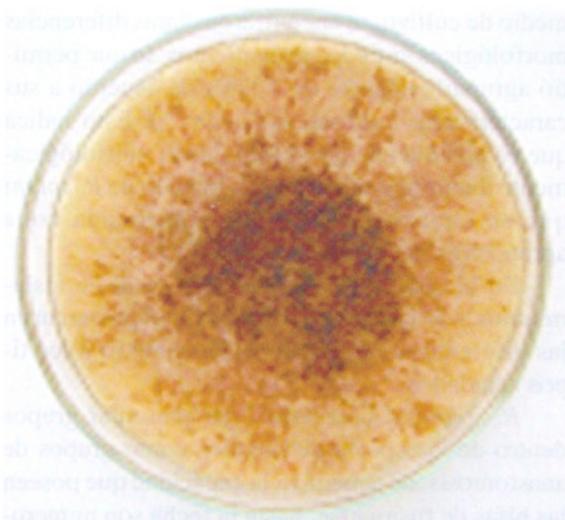


Foto 30: Crecimiento tipo 1

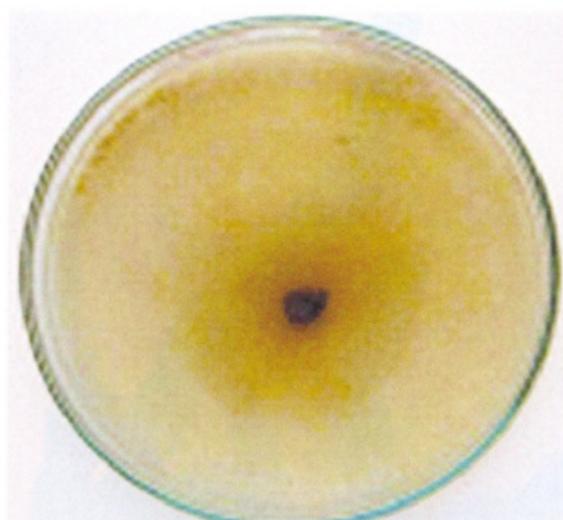


Foto 31: Crecimiento tipo 2



Foto 32: Crecimiento tipo 3

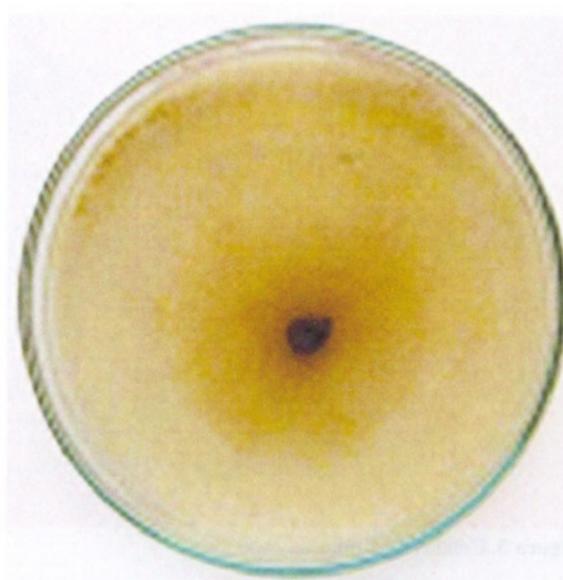


Foto 33: Crecimiento tipo 4

Lo cual coincide, con lo planteado por Cárdenas *et al.* (2012) al señalar que *R. solani* se caracteriza por presentar grupos dentro de la especie designados como grupos de anastomosis, de acuerdo a la capacidad que poseen las hifas de fusionarse, encontrándose en muchas ocasiones diferencias morfológicas entre aislamientos del patógeno obtenidos de una misma área geográfica, siendo las diferencias observadas en crecimiento y color del micelio producto de la presencia de estos grupos, e incluso de subgrupos dentro de un mismo

grupo de anastomosis, ya que muchas de estas subdivisiones se basan en diferencias morfológicas, entre otras.

Por otro lado, se observó que la coloración del micelio varió desde pardo, pardo rojizo hasta amarillo claro y crema, en correspondencia con los diferentes tipos de crecimiento del micelio en que se agruparon los aislamientos, siendo en estos el crecimiento aéreo más abundante que el superficial, ya que en ningún caso se constató crecimiento subterráneo.

De forma similar, Ogoshi (1987); Sneh *et al.* (1996); Giovannini *et al.* (2005); Gutiérrez *et al.* (2006) y Schroeder *et al.* (2012), encontraron diferencias en la coloración y los tipos de crecimiento del micelio (crecimientos aéreos, superficiales y subterráneos) entre aislamientos de *R. solani*, siendo los más abundantes los tipos de crecimientos aéreos y en menor cuantía los superficiales y subterráneos, lo cual no se aleja de los resultados obtenidos.

Domínguez (2012), al evaluar la caracterización morfológica y patogénica de *R. solani* a partir de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), provenientes de diferentes predios en el Estado de Mérida, señala que a pesar de que los aislamientos analizados corresponden a la misma especie, existen diferencias morfológicas en la apariencia de estos en medio de cultivo, lo cual permitió agruparlos en diferentes tipos de crecimiento.

Zonación, formación y características de los esclerocios

En la Tabla 24, se muestra la zonación, formación y características de los esclerocios, donde solo cuatro de los aislamientos evaluados mostraron zonación (CRG- 1; CRG-1.1; CRC- 1; CRC -1.1), evidenciándose regiones miceliales compactas con características típicas del micelio producido por *R. solani*.

Diversos autores entre los que se destacan Galindo *et al.* (1992); Engelkes y Windels (1998); Sneh *et al.* (2009) han señalado la presencia o ausencia de regiones zonadas de varios aislamientos de *R. solani* procedentes de los cultivos *P. vulgaris* (frijol común) y *V. unguiculata* (frijol caupí), aislados de una misma área estudiada, como parte de la caracterización morfológica.

Tabla 24. Zonación, formación y características de los esclerocios en los aislamientos seleccionados en el estudio.

Aislamientos	Procedencia	Zonación	Formación Esclerocios	Características (color, tamaño y forma) de los esclerocios.
CRG- 1	G. Estatal Experimento 1	Presencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color café rojizo, formas indefinidas, en aglomerados, pequeño tamaño.
CRG-1.1	G. Estatal Experimento 1	Presencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color café muy oscuro, inmersos en el agar, muy pequeño tamaño.
CRG- 2	G. Estatal Experimento 2	Ausencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color negro, pequeño tamaño e inmersos en el agar, forma cilíndrica.
CRG 2.2	G. Estatal Experimento 2	Ausencia	Escasa o nula formación de esclerocios	Esclerocios muy pequeños e individuales de color café, forma cilíndrica.
CRC-1	CPA Experimento 1	Presencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color café rojizo, formas redondeadas, en aglomerados pequeño tamaño.
CRC-1.1	CPA Experimento 1	Presencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color pardo oscuro rojizo, pequeño tamaño, de formas indefinidas, aglomerados.
CRC-2	CPA Experimento 2	Ausencia	Agregados	Esclerocios muy pequeños en aglomerados de color café claro, inmerso en el agar.
CRC- 2.2	CPA Experimento 2	Ausencia	Individuales y agregados	Esclerocios de color oscuro rojizo, pequeños tamaños, de distintas formas, en aglomerados.

En cuanto a la formación de los esclerocios se observa, que en la mayoría de los aislamientos se formaron esclerocios individuales y agregados, a excepción del aislamiento CRC-2 que solo formó esclerocios agregados y en el CRG 2.2 donde la formación fue escasa o nula, después de dos semanas de edad bajo luz artificial continua.

Sin embargo, se comprobó que en condiciones de luz natural todos los aislamientos produjeron esclerocios tanto individuales como agregados, los cuales diferían en color, tamaño, forma y distribución en la superficie de la colonia.

Además, las características específicas de los esclerocios en todos los aislados evaluados mostraron, que el tamaño de los esclerocios osciló desde muy pequeños (0,07 mm de diámetro) hasta pequeños (0,8 mm de diámetro), siendo de diversas formas (cilíndricos, redondeados, indefinidos) y de color

variado desde color café, café claro, café rojizo, café muy oscuro, color pardo oscuro rojizo hasta color negro, los cuales se encontraban mayormente en aglomerados e inmersos en el agar.

Mac Nish *et al.* (1998), Mesa *et al.* (2007), Woodhall *et al.* (2012) en trabajos realizados sobre la caracterización de aislamientos de *R. solani* que inducen pudriciones radicales en varios cultivos, señalan que se detectaron diferencias entre los aislamientos de *R. solani* en cuanto a la formación de esclerocios en medios de cultivo, encontrándose esclerocios de diferentes tamaños, color y distribución lo cual indica, que existen claras diferencias morfológicas entre aislados de *R. solani* dentro de una misma población del patógeno.

Por otro lado, Domínguez *et al.* (2012), en investigaciones sobre la caracterización de diferentes aislados de *R. solani*, describen la formación de esclerocios con formas irregulares, de diferentes tamaños, de color marrón y agrupados en aglomerados, lo cual se corresponde con los resultados del estudio.

Patogenicidad de los aislamientos

En relación a este aspecto evaluado en el estudio se comprobó, que en las bolsas que contenían el grano de maíz infestado con el hongo, la pudrición de algunas semillas o muerte pre-emergente fueron los primeros síntomas observados una semana después de la inoculación. Las semillas afectadas mostraban estructuras miceliales adheridas a estas, lesiones hundidas oscuras y coloración anormal del integumento, los cuales constituyen síntomas asociados a la presencia de *R. solani* en la semilla, según Díaz (1996); Eken *et al.* (2003); Pupo *et al.* (2007) y Dasab *et al.* (2013).

Al poco tiempo de emergidas las plantas (15 días), la evaluación de las raíces e hipocótilos de cada planta inoculada mediante la escala ordinal del 0 al 5, desarrollada por Cardoso y Echandi (1987) arrojaron un grado 3 de infestación, observándose lesiones deprimidas pardo-rojizas desde 2,5 hasta 5 mm e incluso mayores a 5 mm en la zona del hipocótilo, muy cercanas a la línea del suelo, estas lesiones son de forma alargada, circulares, cuyo borde se vuelve áspero y seco, siendo mayor la infección a nivel del cuello de la planta, también las raíces infectadas exhibieron áreas decoloradas, de color café- rojizo,

hundidas. Todos los aislamientos inoculados con el patógeno fueron capaces de causar la enfermedad y los síntomas observados se corresponden con los provocados por *R. solani* según Abawi (1994); Allen (1997); Sneh *et al.* (1998); Moussa (2002); Gutiérrez *et al.* (2006); Perdomo *et al.* (2007) y Fiers *et al.* (2011), mientras que en los aislamientos utilizados como testigo las plantas permanecieron sanas.

El hongo *R. solani* fue re- aislado e identificado consistentemente a partir de las plantas inoculadas artificialmente y se comprobó además, que los cultivos puros correspondientes a cada una de las cepas obtenidas de este patógeno enviados hacia el Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal de Cuba (INISAV), confirmaron la presencia en todas las cepas analizadas de células multinucleadas y otras características típicas del micelio producido por *R. solani*, por lo que fueron ubicadas taxonómicamente dentro del complejo *R. solani*.

En general, la caracterización morfológica de *R. solani* evidenció, que a pesar de corresponder a la misma especie, existen diferencias morfológicas entre los aislamientos evaluados en los referente a tasa de crecimiento, tipo de crecimiento y color del micelio, zonación, formación y características de los esclerocios, lo que sugiere una amplia diversidad genética en la población de este patógeno en las áreas evaluadas, además se observó una alta patogenicidad en todos los aislamientos analizados al ser capaces de causar la enfermedad con síntomas típicos de *R. solani* y otro elemento significativo fue la formación de esclerocios en la mayoría de los aislamientos tanto individuales como agregados, lo que constituye una importante fuente de *R. solani* para la aparición y desarrollo de este organismo en el cultivo, así como su permanencia por varios años en el suelo, según lo señalado por varios autores anteriormente citados.

4.2. Distribución de *R. solani* en los experimentos evaluados

Los resultados sobre la distribución de *R. solani* en las entidades y experimentos evaluados se muestran en la Tabla 25, observándose que en el experimento 1 fue donde se alcanzó los mayores porcentajes de distribución de *R. solani* con respecto al experimento 2 para ambas entidades con valores de

28,7 – 34,8 % para la Granja Estatal y de 43.8 – 55 % en la CPA superiores a los alcanzados en el experimento 2, que entre las dos entidades evaluadas se mantuvieron por debajo del 25 % de distribución del patógeno.

Tabla 25: Porcentajes de distribución de *R. solani* en ambas entidades y experimentos evaluados.

Entidades evaluadas	Ha/ entidad	Experimento 1 Distribución (%)	Experimento 2 Distribución (%)
Granja Estatal	1	29.7	10.4
	2	28.7	10.6
	3	30.3	10.8
	4	34.8	11.1
	5	30.1	11.1
	6	33.6	11.8
CPA	1	49.5	20.7
	2	55.0	22.4
	3	47.7	23.1
	4	43.8	22.4
	5	52.1	19.1
	6	39.2	20.1

Estos valores de porcentajes de distribución obtenidos coinciden con los reportados por Guzmán *et al.* (2004), López *et al.* (2006), Milán *et al.* (2008), Sánchez *et al.* (2011), al estudiar la distribución de *R. solani* y otros hongos del suelo en los cultivos del frijol (*P. vulgaris*) y Maíz (*Zea mays*), con porcentajes de distribución de *R. solani* entre un 20 – 50 %.

López *et al.* (2013) al evaluar la incidencia y distribución de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) en diferentes agroecosistemas de la provincia de Holguín, Cuba, destacan la presencia del patógeno en todas las localidades evaluadas y reportan porcentajes de distribución del patógeno entre 41,4 y 46,2 %, los cuales no se alejan de los valores obtenidos.

Además se aprecia, que en la CPA para ambos experimentos es donde se obtuvieron los mayores porcentajes de distribución de este organismo, lo cual coincide con los resultados obtenidos sobre la frecuencia de aparición de los hongos asociados al cultivo, donde los valores más altos fueron alcanzados en esta entidad, por lo que se infiere que para la distribución de la enfermedad en el caso de la CPA, el comportamiento del patógeno igualmente está motivado a

que las áreas evaluadas se mantuvieron en barbecho por un espacio de 3 años sin aplicársele ninguna labor de cultivo a los suelos, influyendo esta condición en la permanencia de *R. solani* en los suelos por largos períodos de tiempo a través de sus estructuras de resistencia (esclerocios), como saprofito del suelo colonizando los desechos de cultivos ó habitando en la materia orgánica muerta presente en el suelo.

Asimismo se observa, que los valores de distribución de *R. solani* alcanzados en el experimento 1 superaron en su totalidad a los del experimento 2 como se mencionó inicialmente, a pesar de que en una de sus entidades evaluadas (Granja Estatal) se habían desarrollado durante varios años diferentes estrategias agroecológicas de manejo integrado en los cultivos precedentes pertenecientes a estas áreas, lo cual influyó en la disminución de plagas y enfermedades en los cultivos entre los que se incluyeron los patógenos del suelo y por otro lado es importante señalar, que para determinar la distribución de este organismo, las evaluaciones (siete en total) se realizaron con una frecuencia semanal a partir de los 15 días de establecido el cultivo en ambos experimentos, recibiendo estos desde la siembra del cultivo hasta sus fases finales, las mismas atenciones culturales y desarrollándose bajo las mismas condiciones edafoclimáticas, la desigualdad principal entre uno y otro se fundamentó precisamente en el método de muestreo utilizado.

Razón por la cual se consideró oportuno analizar la influencia que pudieron ejercer los factores abióticos registrados en el estudio tales como: las variables climáticas, los análisis químicos del suelo, así como los métodos de muestreo utilizados sobre la distribución del patógeno.

4.2.1. Influencia de las variables climáticas sobre la distribución de *R. solani*

En el Anexo 1 a, b, c, se muestran los registros diarios de cada uno de las variables climáticas durante los meses (Abril, Mayo y Junio) en que se llevó a cabo el estudio y en el Anexo 2 los promedios mensuales, donde se aprecia, que el promedio de temperatura del aire se encontró en un rango de 20,9 - 33,4 °C (valores extremos de la temperatura mínima y máxima) con valores promedio de temperatura media entre 25,2 - 28,1 °C, los cuales de forma

general no coinciden con los rangos de temperatura óptima del aire que favorecen el desarrollo de este patógeno según varios autores.

Wharton *et al.* (2007); Navarrete *et al.* (2009) y De Garza *et al.* (2010) señalan, que la temperatura óptima para que se produzca el desarrollo de la pudrición por *R. solani* está en el rango de 15 - 18 °C; 15 - 20 °C y 15 - 26 °C respectivamente, mientras que Pineda *et al.* (2004); Escalona *et al.* (2006); Garrido (2009) y Vázquez *et al.* (2014) indican, que los valores óptimos de temperatura media del aire para la infección de este organismo son de 18 - 21°C.

Sin embargo, otros autores tales como: Castro *et al.* (2006); Villa *et al.* (2009); Henderson (2010), Pupo *et al.* (2012); López *et al.* (2014), plantean amplios rangos de temperaturas del aire entre 19 - 30 °C que favorecen el desarrollo de *R. solani*, los cuales se corresponden con los rangos de temperatura mínima y media registrados en el estudio, no así con los de temperatura máxima cuyos valores superan a estos e incluso a los reportados por Kwee *et al.* (2007) en trabajos sobre la etiología y el control de *R. solani* en el cultivo de los granos quienes señalan, que temperaturas máximas de 33 °C y por encima de estas las poblaciones y afectaciones al cultivo disminuyen, aunque se ha observado que rangos de temperaturas máximas del aire de hasta 31 °C pueden ser efectivas para las infecciones de este patógeno al cultivo en correspondencia con el tipo de suelo (textura, composición química y buena retención de la humedad), grupo de anastomosis del patógeno y la susceptibilidad del hospedero.

En el caso de la humedad relativa, se observa que los valores obtenidos durante el periodo evaluado se mantuvieron en un rango de 49 - 93.53% con medias de 73.3 - 78.4 %, los cuales están muy por debajo de los rangos óptimos para esta variable que en la literatura científica se reportan para el desarrollo de este patógeno según Velázquez *et al.* (2001); Romero *et al.* (2003); González *et al.* (2006) y Tsror (2010) quienes señalan, que *R. solani* es un hongo muy dependiente a condiciones de alta humedad relativa de más del 95%, las cuales son esenciales para la presencia de este organismo en los campos de cultivo y que la enfermedad puede considerarse potencial solamente en áreas geográficas donde existan estas condiciones.

Zamorano *et al.* (2004), en trabajos realizados sobre el efecto de la fecha de siembra en variedades de soya para evaluar el desarrollo de enfermedades causadas por *Fusarium solani* f. sp. *Glycines* y *R. solani* señalan, que valores de humedad relativa de más del 95% fue un factor determinante en los niveles de infección y severidad logrados por ambos organismos en el cultivo de la Soya (*Glycine max* [L.] Merrill)

Tello *et al.* (2006), en investigaciones sobre la desinfección del suelo para el control de patógenos del suelo en los cultivos hortícolas y de granos comprobaron, que al mantener condiciones de humedad relativa de 100% y temperaturas máximas del suelo de 28 – 32 °C se acrecentaban los síntomas provocados por el patógeno y muchas plantas colapsaron o murieron debido a estas condiciones.

Escalona *et al.* (2008), demostraron en investigaciones llevadas a cabo en diferentes regiones para evaluar el comportamiento de *R. solani*, que valores de humedad relativa por encima del 95 % pueden provocar la infección del patógeno aún con temperaturas por debajo de 18 °C.

Por su parte Navarrete *et al.* (2009) indican, que las enfermedades producidas por *R. solani* son especialmente destructiva en condiciones de alta temperaturas del suelo de 28 a 32 °C y de alta humedad relativa de más del 96 %.

Con respecto a la evaporación se aprecia, que los valores registrados de 5,07; 5.48 y 5,70 en los meses de abril, mayo y junio, respectivamente, fueron altos, tomando como referencia la escala propuesta por la FAO (2006) sobre el poder evaporante de la atmósfera donde valores desde 5 – 7 mm día⁻¹ de evaporación son altos, así como lo señalado por Froilán *et al.* (2004) los cuales refieren, que en las condiciones de Cuba los meses de abril, mayo y junio (primavera) la evaporación es alta.

Además según la FAO (2006), referente a los factores de conversión de la evapotranspiración en los cultivos señala, que una hectárea tiene una superficie de 10 000 m² y 1 milímetro es igual a 0,001m, por tanto la pérdida de 1 mm de agua por evaporación corresponde a una pérdida de 10 m³ de agua por hectárea y en correspondencia con los valores de evaporación registrados

durante la etapa evaluada esto representaría por cada hectárea 50,7; 54,8 y 57,0 m³ ha⁻¹ día⁻¹ de pérdida de agua, valores significativos que disminuirían el contenido de humedad del suelo como factor de gran importancia para el desarrollo del patógeno.

Castellanos *et al.* (2007) plantean, que la evaporación en los cultivos ejerce una gran influencia sobre la presencia y el desarrollo de algunos hongos del suelo, ya que cuando se incrementa el proceso de evaporación y las temperaturas son muy altas se disminuye la incidencia de estas enfermedades en los cultivos.

Además Raes (2012) indica, que la pérdida de agua en el suelo y en el cultivo debido al proceso de evaporación en las diferentes fases del cultivo, afecta en gran medida la presencia de enfermedades foliares y las patologías del suelo que requieren de alta humedad para su desarrollo.

En cuanto a la incidencia de las precipitaciones durante el período analizado se observa que estas fueron escasas con valores mensuales de 23,8, 61,7 y 125,4 mm respectivamente, los cuales se consideran bajas en correspondencia con los valores reportados por varios autores como favorables para el desarrollo de *R. solani*.

Harris *et al.* (1999); Rowe *et al.* (2003) en investigaciones llevadas a cabo sobre la epidemiología de *R. solani* en los cultivos de frijol (*P. vulgaris*) y soya (*Glycine Max.* [L] Merrill) indican, que las precipitaciones de aproximadamente 150- 200mm mensuales son favorables para la presencia y permanencia de este hongo del suelo, debido a los daños serios observados en las plantaciones que repercutían en los rendimientos del cultivo.

Vargas *et al.* (2006) al realizar diferentes estudios sobre el crecimiento de *R. solani* en diferentes sustratos orgánicos y en condiciones naturales indican, que precipitaciones de 50-52 mm semanales (200-208 mensual) alternadas con períodos secos son favorables para el aumento de las poblaciones de este organismo.

Acuña (2010) plantea, que precipitaciones de más de 52 mm por semana (208 mm mensual) son favorables para el establecimiento y desarrollo de *R. solani* en diferentes cultivos agrícolas.

Escalona *et al.* (2012) señalan, que el momento óptimo para la observación de las mayores afectaciones por *R. solani* es cuando ocurren lluvias frecuentes con valores de aproximadamente 200 mm mensuales, siendo aún más rápido el desarrollo de la enfermedad cuando estas condiciones se asocian con altas temperaturas.

No obstante, es importante tener en cuenta que durante la investigación, debido a la ocurrencia de escasas precipitaciones y por la importancia de este factor climático para el buen desarrollo del cultivo, se hizo necesario realizar varios riegos para garantizar una adecuada humedad, llevándose a cabo estos durante las etapas fenológicas de mayor demanda de agua (fases de desarrollo y media) según como aparece detallado en las labores culturales (riego) aplicadas al cultivo en el Capítulo de Materiales y Métodos, por lo que estos riegos suministrados a las áreas estudiadas propiciaron determinadas condiciones favorables para la presencia del patógeno, lo cual quedo demostrado en los valores significativos de porcentajes de frecuencia de aparición y de distribución obtenidos por el patógeno en ambos ensayos.

Por otro lado cuando se analizan las temperaturas del suelo, las cuales al igual que la humedad del suelo constituyen los factores climáticos de mayor influencia sobre la actividad biológica de *R. solani*, se consideró necesario evaluar de forma detallada los valores registrados en cada una de estas, teniendo en cuenta de que la infección por este patógeno puede ocurrir en amplios rangos de temperaturas del suelo.

En el caso de las temperaturas máximas se aprecia que fueron altas, con valores registrados entre 50 – 52,7 °C, siendo estas muy superiores a los rangos óptimos señalados por diversos autores e incluso con los amplios rangos también reportados a nivel mundial en los que puede ocurrir la infección por este patógeno.

Meinhardt *et al.* (2002); en trabajos realizados sobre la etiología de *R. solani* en suelos de Brasil señalan, que varios de los aislados de este hongo pueden producir esclerocios y afectar al cultivo a temperaturas por encima de 35 °C siendo estos termofílicos.

Fenilli *et al.* (2003) reportan, que *R. solani* puede sobrevivir y producir abundantes esclerocios y basidiosporas a amplios rangos de temperaturas máximas del suelo de 23,6- 40,4 °C.

Michereff *et al.* (2005) en trabajos llevados a cabo en condiciones climáticas similares a las nuestras, sobre el estudio de la ecología y manejo de patógenos radiculares en suelos tropicales muestran, que este patógeno puede sobrevivir en los suelos y afectar al cultivo a temperaturas máximas de 40-45 °C.

Castro *et al.* (2006), en investigaciones desarrolladas en Costa Rica sobre la identificación de grupos de anastomosis de *R. solani* aislada en suelos sembrados de frijol caupí plantean, que varios aislados de este organismo produjeron gran cantidad de esclerocios, en suelos con temperaturas máximas de 35- 40 °C.

Bolton *et al.* (2010) señalan, que *R. solani* puede causar afectaciones a un óptimo de temperaturas máximas de 28 °C, aunque algunos aislados de este hongo se han encontrado produciendo serios daños con temperaturas máximas del suelo de 35 °C y superiores a estas, sin llegar a más de 45 °C.

Sin embargo, a pesar de los altos valores de temperaturas máximas alcanzados durante la investigación, se comprobó la presencia del patógeno en el cultivo, lo cual corrobora lo planteado por diferentes autores al señalar, que algunos de los aislados de este hongo pueden sobrevivir y afectar al cultivo a altos rangos de temperaturas del suelo, debido a la presencia de estructuras de resistencia (esclerocios) con largo tiempo de viabilidad en los suelos, los cuales fueron observados en todos los aislamientos obtenidos en ambos experimentos evaluados.

Además, es significativo destacar, que los altos valores de temperaturas máximas del suelo registrados durante el estudio, pueden estar determinado al comportamiento inusual de algunos factores climáticos que tienen influencia directa sobre la temperatura del suelo, pues según Duran *et al.* (2013) al realizar una valoración de los impactos ambientales negativos del proceso de sequía a partir del año 1996 que ha afectado y persiste aún en la provincia Holguín y prácticamente en todo el país comprobaron, que en los últimos años a partir del mes de Abril se ha observado en varias localidades de la provincia

de Holguín donde se incluye el área analizada, un incremento de la radiación solar y menos nubosidad, lo cual ha influido en que los valores de temperaturas del aire y el suelo hayan manifestado mayores anomalías con valores muy altos, evidenciándose este fenómeno hasta el mes de septiembre e incluso en los meses de febrero donde también ha sido mucho más cálidos que lo normal, provocando un efecto perjudicial para la flora y la fauna de muchas especies vegetales entre las que se destacan, una baja germinación de las semillas, estrechamiento de los períodos reproductivos, disminución de la polinización y la regeneración vegetal, aumento de la mortalidad y reducción del tamaño de las poblaciones de diferentes especies, así como en los territorios desprovistos de vegetación arbustiva, los suelos muestran escaso espesor o perfiles no bien desarrollados, incrementándose los procesos de erosión.

Las temperaturas mínimas por su parte, muestran un rango de 20,5 – 23,2 °C en los meses evaluados, coincidiendo con algunos de los rangos reportados por varios autores entre los que se destacan: Carling *et al.* (2002) en investigaciones realizadas sobre la sobrevivencia de *R. solani* en suelos de Tifton, Estados Unidos, al obtener muestras de suelos infestado por el patógeno en rangos de temperaturas mínimas del suelo de 15-23.3 °C.

Copes *et al.* (2005) al caracterizar 12 aislados de *R. solani* en el cultivo del frijol a diferentes texturas del suelo en la parte sur de California y al sur de Carolina que constituyen regiones cálidas y húmedas de Estados Unidos plantean, que temperaturas mínimas entre 15 - 23,4 °C resultaron ser óptimas para las infecciones producidas por este organismo.

Guillen *et al.* (2006) señalan, que temperaturas del suelo por debajo de 10 °C pueden disminuir la severidad de las enfermedades provocadas por *R. solani*, mientras que temperaturas entre 18- 23,5 °C son óptimas siempre y cuando existan determinados contenidos de humedad en los suelos.

Sains *et al.* (2008) en trabajos realizados sobre las pudriciones de la raíz en el Valle de México indican, que temperaturas mínimas entre 15-23 °C son óptimas para esta enfermedad, aunque pueden llegar a 24 °C cuando existan períodos de humedad y sequías alternos en suelos oscuros y arcillosos.

Casa *et al.* (2011) al evaluar la pudrición de la raíz por *R. solani* en el cultivo del frijol en el sistema de siembra directa plantean, que en condiciones de campo se comprobó que las temperaturas mínimas entre 16-23,3 °C favorecieron en gran medida las afectaciones de este hongo en el cultivo.

En cuanto a las temperaturas medias se observa, que el rango de este factor fue entre 30,7 – 32,8 °C, encontrándose estos valores dentro de los amplios rangos reportados por varios autores bajo las condiciones de Cuba y otras áreas geográficas similares.

Así tenemos, los trabajos desarrollados por Díaz *et al.* (2006), Navarrete *et al.* (2009), Acenet *et al.* (2011) los cuales plantean, que en las zonas de clima tropical las temperaturas medias para el desarrollo de *R. solani* pueden oscilar entre 27- 34 °C en dependencia del tipo de suelo (estructura y composición química), humedad y su balance térmico.

Mientras que Milán *et al.* (2010); Gómez *et al.* (2011) al evaluar el comportamiento y distribución de *F. solani* y *R. solani* en el cultivo de *V. unguiculata* (frijol caupí) en entidades productivas del municipio Gibara, provincia de Holguín señalan, que temperaturas medias del suelo entre 22 – 34°C, mostraron cierta influencia sobre la presencia y el desarrollo de este patógeno.

López *et al.* (2012) al evaluar la influencia de la temperatura del suelo en la incidencia de *R. solani* en agroecosistemas de la provincia de Holguín señalan, que rangos de temperatura media entre 21 - 34 °C resultaron favorables para la presencia de este patógeno, al obtenerse porcentajes de incidencia y distribución del 40% en todas las zonas analizadas.

No obstante es fundamental tener en cuenta, que en diversas investigaciones llevadas a cabo por otros autores en condiciones climáticas diferentes a las nuestras, se informan rangos óptimos de temperaturas medias del suelo que no se corresponden con los logrados en el estudio, como por ejemplo Hyakumachi *et al.* (2005) en estudios sobre la biología de *R. solani* en suelos del norte de California señalan, que temperaturas medias del suelo de 25-29 °C aumentaban las poblaciones y las posteriores afectaciones al cultivo.

Yang *et al.* (2006) obtiene en experimentos llevados a cabo en zonas de China para determinar la patogenicidad y el efecto de las temperaturas del suelo sobre *R. solani*, rangos de temperaturas medias entre 25- 28 °C las cuales propiciaron las mayores afectaciones producidas por este hongo.

Ogoshi (2008) en estudios realizados sobre diferentes grupos anastomóticos de *R. solani* en varios suelos de Japón comprobó, que más de 60 aislados de este hongo produjeron abundantes micelios, esclerocios y basidiosporas a temperaturas medias del suelo de 25-29 y 28-30 °C.

Por lo que, lo antes explicado demuestra, la importancia fitosanitaria que tiene este patógeno, al ser capaz de desarrollarse en amplios rangos de temperaturas del suelo y producir afectaciones en los cultivos bajo condiciones climáticas diferentes.

En el caso de la humedad del suelo (%) como otra variable climática registrada en el estudio, en el Anexo 3, se muestran los valores totales obtenidos por ha en cada muestreo, experimento y entidades evaluadas, donde se observa que estos no sobrepasan el 30%, siendo estos valores para el tipo suelo donde se desarrollo el estudio (Fersialítico Pardo Rojizo Ocrico Ferromagnesian) el adecuado para el desarrollo de algunos cultivos como el frijol, maíz, y algunas hortalizas, no así para cultivos de hojas anchas como bananos, colocasias, etc., debido a las características que poseen estos de tener minerales arcillosos 2:1 y 1:1 predominando las arcillas caolinitas, además de presentar buen drenaje tanto interno como externo, condicionando este drenaje un suelo secante que pierde rápidamente la humedad, lo cual influiría negativamente en el desarrollo de estos cultivos, y en el caso específico de *R. solani* en los que el porcentaje de humedad de los suelos constituye uno de los factores determinantes para el incremento de su incidencia y severidad, los valores obtenidos durante el estudio están muy por debajo de los rangos óptimos que favorecen el proceso de infección de este patógeno, los cuales se encuentran en valores próximos a la saturación de los suelos entre un 95 – 100%, según lo reportado por diversos autores tales como: Lim *et al.* (1998), Guzmán *et al.* (2004), López *et al.* (2005), Wharton *et al.* (2007), García *et al.* (2008), Rodríguez (2009), Henderson (2010), Gómez *et al.* (2012) entre otros.

De forma general podemos decir, que los factores climáticos registrados durante el estudio no ejercieron un efecto tan directo sobre la distribución del patógeno en las entidades evaluadas, pues aunque los valores de temperaturas del aire mínima y media, así como las temperaturas medias del suelo mostraron valores similares a los amplios rangos reportados por varios autores, solo el rango observado de temperatura mínima del suelo fue el que coincidió con los valores óptimos para el desarrollo de la enfermedad. No obstante, es importante destacar que, aunque los factores climáticos son de obligada referencia en una investigación agrícola, de acuerdo con lo planteado por Fornet *et al.* (2010) se necesitan analizar otros factores abióticos como el tipo de suelo presente, para lograr enfoques y acciones integradoras en el estudio, que permitan ampliar los conocimientos sobre el agroecosistema en cuestión.

4.2.2. Influencia de los elementos químicos del suelo evaluado sobre la distribución de *R. solani*

En el Anexo 6, se exponen los resultados del análisis químico realizado al suelo Fersialítico pardo rojizo ócrico ferromagnesial sobre el cual se desarrollo el estudio, donde aparecen las características agroquímicas (principales macronutrientes y cationes cambiables) de este tipo de suelo, mientras que en el Anexo 7, se muestra la evaluación agroquímica de cada elemento, tomando como referencia la escala propuesta por el MINAGRI (1984), para la evaluación agroquímica de los suelos de Cuba.

En el caso del nitrógeno (N) macronutriente esencial que constituye del 1- 3 % del peso de la planta, posee del 16 – 18% de las proteínas o la sexta parte de su masa, y que por su papel como elemento estructural y metabólico determina el crecimiento vegetativo de las plantas, forma parte de la clorofila, es un regulador que gobierna en considerable grado el uso del fósforo, del potasio y otros elementos, influye en el metabolismo biofísico del agua en las plantas, interviene en la calidad biológica de los frutos, en el tamaño de los granos y su porcentaje de proteína, así como colabora en el desarrollo del sistema radical de las plantas.

Se observa, que su contenido en el suelo analizado fue de 0,16 meq/100 g para la Granja Estatal y 0,15 meq/100 g para la CPA, los cuales se consideran valores bajos para ambas entidades en correspondencia con su evaluación agroquímica y según lo expresado por varios autores un bajo nivel de nitrógeno en los suelos no ejerce ninguna influencia sobre el desarrollo de *R. solani*.

Así tenemos que Hubert (2004); Ortega (2005) y Yamada (2008) afirman, que los suelos con un alto contenido de nitrógeno producto a la fertilización favorecen la presencia de *R. solani*, existiendo una positiva correlación entre la actividad biológica del hongo y el contenido de nitrógeno en los suelos.

Manzanillo (2011) afirma, que el contenido de nitrógeno del suelo y otros macronutrientes ejercen influencia positiva en la incidencia de los hongos del suelo, ya que cuando este aparece en concentraciones relativamente altas, se observa un incremento en las poblaciones de *R. solani*, *S. rolfsii* y *Fusarium oxysporium* Schlecht Ex. Fr., entre otros.

Por su parte, el fósforo asimilable (P_{205}) como elemento esencial en diferentes procesos fisiológicos de la planta, arrojó valores de 5,20 y 6,25 meq/100 g para la Granja Estatal y la CPA, respectivamente, siendo estos bajos según la evaluación agroquímica realizada, no existiendo un efecto directo sobre el patógeno atendiendo a lo reportado por algunos autores.

Agrios (2003) menciona, que un alto contenido de fósforo en los suelos aumenta la actividad patogénica de los hongos del suelo, mientras que Díaz-Zorita *et al.* (2004) indica que en presencia de una buena nutrición de este elemento la incidencia de *R. solani* se incrementaría.

Yamada (2005) señala, que una alta disponibilidad del fósforo provocaría una alta presencia de las enfermedades transmitidas por el suelo, también se esperaría que la infección de las raíces por hongos del suelo sería mayor provocando afectaciones serias en los cultivos.

Mientras que Ribeiro (2010) plantea, que un suelo con buena nutrición de fósforo se incrementa la incidencia de varias enfermedades como: *Helminthosporium sacchari* (Van Breda de Haan) Butler en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) *Peronospora parasítica* (Pers.) ex Fr. en col (*Brassica oleracea* L.) así como *R. solani* en leguminosas.

En el caso del potasio soluble (K_2O) como tercero de los elementos mayores, el cual es absorbido como ion y cuando se aplica al suelo es en forma de sales solubles como cloruro, sulfato y nitrato potásico, se conoce que sus funciones más importantes en la planta, es que influye en el proceso de la fotosíntesis de forma directa actuando sobre los cloroplastos e indirectamente en el mecanismo de apertura y cierre de los estomas (control de la respiración de la planta), favorece la formación de carbohidratos como azúcar y almidón, así como aumenta la resistencia natural de las plantas contra enfermedades y parásitos, entre otras.

Se aprecia que su contenido en el suelo evaluado fue de 18.12 meq/100g para la Granja Estatal y 15, 08 meq/100g para la CPA, alcanzado valores medios en el suelo atendiendo a su evaluación agroquímica, por lo que no ofrece una relación positiva con el patógeno en correspondencia a lo reportado por varios autores.

Hubert *et al.* (2004) plantean, que el potasio es uno de los elementos minerales sobre el cual se ha versado un mayor número de estudios, sobre su posible relación con la incidencia de enfermedades infecciosas en los suelos y esto es así, porque a pesar de que el nivel de potasio en la planta guarda una estrecha dependencia con las disponibilidades de magnesio y calcio en el medio y con el pH (lo que podría enmascarar sus efectos directos sobre la enfermedad), se puede concluir de forma general que existe una relación inversa entre la cantidad de potasio en el suelo y la severidad de ciertos procesos patológicos inducidos por organismos patógenos del suelo.

Vallone (2006) afirma, que la severidad de la pudrición de la raíz provocada por *R. solani* se incrementa en condiciones de bajo contenido de potasio en los suelos, ya que en los niveles medios y altos de este elemento se han observado escasas poblaciones del patógeno y sus índices de infección.

Miguez (2008) señala, que las concentraciones medias y altas de potasio en los suelos disminuyen el ataque de *R. solani* y los nemátodos de los nódulos.

Además, Hartman *et al.* (2009) opinan, que las óptimas condiciones de fertilidad de los suelos, que incrementan en particular el contenido de potasio en los suelos, son importantes para disminuir las poblaciones y lograr un mejor

manejo de enfermedades tales como pústula y tizón bacteriano (*Pseudomonas syringae* van Hall) y *Xanthomonas campestris* (Pam.) Dows., podredumbre carbonosa del tallo (*M. phaseolina*), fusariosis (*F. oxysporum*), chancro del tallo (*Diaporthe citri* Fawcet), y la podredumbre violeta de la raíz y la base del tallo (*R. solani*).

Con respecto a los cationes cambiabiles (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+), que no son más que los iones con carga positiva que se absorben a las partículas del suelo y pueden ser intercambiados por otros iones presentes en la solución del suelo. Se nota que en el caso del calcio (Ca^{++}), el cual es absorbido por la planta bajo la forma de ion y su deficiencia se manifiesta en la falta de desarrollo de brotes terminales, es un elemento necesario para la formación de la lámina media de las células, lo cual está directamente relacionado con la resistencia a la penetración de patógenos.

En el estudio, su contenido en el suelo analizado fue de 38,01 y 36,88 meq/100 g para la Granja Estatal y la CPA, respectivamente, catalogados estos valores como altos según la escala utilizada para su evaluación agroquímica, por lo que no influye de forma directa sobre el comportamiento del patógeno, teniendo en cuenta lo afirmado por algunos autores.

Fixen *et al.* (2004) indican, que alto contenido de calcio en el suelo reduce la severidad de varias enfermedades causadas por patógenos de la raíz y/o el tallo, como los hongos *R. solani*, *S. rolfsii*, *Botrytis allii* Muhr., *F. oxysporium* y el nemátodo *Dytilenchus dipsaci* [kühn] Filipjev, pero aumenta la severidad de otras enfermedades como la pierna negra del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) causada por *Streptomyces scabises* (Thaxt.) Waks y Henrici.

Díaz-Zorita *et al.* (2006) mencionan, que enfermedades de las plantas causadas por *F. oxysporum* disminuyen conforme la presencia de calcio aumenta, y lo mismo ocurre en las enfermedades causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) y en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* var. *Sativa*) *F. solani* en frijol (*P. vulgaris*), *Plasmodiophora brassicae* Woronin en col (*Brassica oleracea* L. y *R. solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.) y leguminosas.

Pavón *et al.* (2008), en estudios sobre la caracterización físico química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana señalan, que los niveles altos de calcio reducen la severidad de algunos patógenos radiculares como *R. solani*, *S. rolfsii*, *F. solani* y el nemátodo *D. dipsaci*.

En el caso del magnesio (Mg) absorbido por la planta también como ión, cuya función fundamental en la planta es que forma parte de la molécula de clorofila, influyendo de esta forma en la actividad fotosintética y da una buena coloración a la planta, como también interviene en la activación de un sinnúmero de enzimas necesarias para su desarrollo y contribuye a la síntesis de proteínas.

Su contenido en el suelo fue de 12,39 meq /100 g para la Granja Estatal y de 9,04 meq /100 g para la CPA siendo estos valores altos en correspondencia con su evaluación agroquímica, no existiendo influencia de este ión sobre el comportamiento del patógeno a juzgar por lo señalado por varios autores, entre los que se destacan:

Singh *et al.* (2003) y Melgar, (2005) quienes plantean, que para el mejor desarrollo de las plantas debe existir cierta proporción entre el magnesio y calcio existente en el suelo, ya que cuando los contenidos de estos en los suelos son altos, se reduce la presencia de algunas enfermedades producidas por patógenos que habitan en el suelo tales como: *R. solani*, *S. rolfsii* algunos nemátodos.

Folgueras (2010) al estudiar las pudriciones radicales de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Cuba señala, que en los suelos donde el contenido de magnesio es alto, se nota una reducción de las poblaciones de los hongos patógenos del suelo y otros organismos.

Por su parte el potasio intercambiable (K^+), como una de las diferentes fracciones y estados de disponibilidad para la planta que este elemento presenta en el suelo, el cual tiene la peculiaridad, según Martín y Durán (2011), de que en la medida que la concentración del potasio intercambiable (K^+) de la solución desciende, el potasio adsorbido por la planta es liberado a la solución del suelo para así mantener un equilibrio entre el potasio asimilable (K_2O) y el intercambiable (K^+). Se observa que los valores obtenidos de este catión en los

suelos de ambas entidades fueron de 0,66 y 0,75 meq/ 100g para la Granja Estatal y la CPA, respectivamente, calificados de bajos según su evaluación agroquímica.

Su influencia, debido a estos valores obtenidos sobre la distribución de *R. solani* en el estudio se considera nula, ya que algunas investigaciones muestran que aumentos en la ocurrencia de enfermedades transmitidas por el suelo como las ocasionadas por *R. solani*, *S. rolfsii* y *M. phaseolinahan* estado asociadas a altas concentraciones de potasio en la solución del suelo y al fertilizar con este elemento (Fixenet *al.*, 2004).

Además, Mascareñas *et al.* (2006), indican que el potasio presente en sus diferentes formas en el suelo, es un elemento importante para el mejor control de *Phomopsis citri* Fawcet, *Cercospora kikuchii* Matsu y Tom y *Diaporthe phaseolorum var.*, batatis (Harter y Field) Wehmeyer, incluso observaciones realizadas en varios cultivos arrojaron, una reducción en la aparición de los síntomas ocasionados por *R. solani*, *F. solani* y *M. phaseolina* en el cultivo de la Soya (*G. Max*), cuando este posee altas concentraciones en la solución del suelo.

En el caso del sodio intercambiable (Na^+), el cual se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales, sus iones son menos fijados por los minerales arcillosos que los iones de potasio, constituye un elemento móvil dentro de la planta y comparado con otros nutrientes como el potasio y el magnesio tiene un significado secundario dentro de la nutrición de la planta, destacándose entre sus funciones que regula la presión osmótica a nivel celular lo cual conduce a un eficiente uso del agua y como ion también puede activar parcialmente algunas enzimas dentro del metabolismo de la planta (síntesis del almidón). Su contenido en el suelo analizado arrojó valores de 0,30 cmol (+). Kg^{-1} de suelo para la Granja Estatal y 0,40 cmol (+). Kg^{-1} de suelo para la CPA, siendo estos bajos.

Pupo *et al.* (2006) en investigaciones sobre la caracterización agroquímica de los suelos de la Provincia de Holguín y su influencia en la incidencia de los patógenos del suelo, asociados a la semilla del frijol común (*P. vulgaris*) y el frijol caupí (*V. unguiculata*) señalan, que en los suelos fersialíticos donde existe

bajo contenido del ión sodio (Na^+) en su composición química se comprobó, que este elemento no tuvo influencia sobre el comportamiento de estos patógenos a pesar de que los valores de PH eran favorables para el desarrollo de estos organismos.

Cairo y Fundora (2007), señalan que el contenido del ión sodio (Na^+) en los suelos tiende a desflocular la arcilla y crear una reacción donde muchos de los nutrientes no pueden aprovecharse, por lo tanto, causan una mala aireación de los suelos disminuyendo el crecimiento de las raíces y los organismos patógenos que causan pudriciones en esta, aún en bajas concentraciones en los suelos.

Sin embargo, es importante señalar, que en relación con los cationes intercambiables no importa la cantidad total de estos presentes en los suelos sino la relación entre ellos, siendo conveniente que el Ca^{++} sea el que predomine y exista una adecuada relación entre este y el Mg^{++} . Además la presencia de los cationes alcalinotérreos (Ca^{++} y Mg^{++}) y los alcalinos (K^+ y Na^+) determinan los valores del pH del suelo, que constituye una expresión de la relación de los iones en la solución interior de los coloides del suelo (participación relativa de los diferentes cationes), así como de la participación de los cationes en la solución exterior del suelo en equilibrio con los primeros, por lo que los cationes cambiabiles constituyen uno de los principales factores que más influencia ejercen sobre el pH del suelo.

En el estudio, el pH del suelo es otro de los elementos a tener en cuenta por su importancia en el desarrollo de enfermedades transmitidas por el suelo, el cual se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones H^+ en la solución del suelo o de forma más simple como la expresión de la concentración de iones H^+ en la solución del suelo, expresado en moles/L ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). El pH controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas, según el pH del suelo la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos puede favorecerse, además representa aspectos del clima, vegetación e hidrología del lugar donde el suelo se ha formado.

Se observa, que aparecen dos valores de pH el valor de pH en H₂O y en KCl, donde el primero representa el pH actual y el segundo el potencial. Según Martín y Durán (2011), cuando en un suelo los valores de los dos pH no se ajustan se prefiere calificarlo por el pH en KCl, por tanto en correspondencia con lo planteado por estos autores, en el estudio los valores del pH en el suelo analizado fueron de 5,6 para la Granja Estatal y 5,7 para la CPA, ambos clasificados como ligeramente ácidos, los cuales no coinciden con los valores de pH óptimos para el desarrollo de *R. solani* reportados por numerosos autores, aunque se encuentran dentro de los amplios rangos de pH que en la literatura científica sobre el tema se señalan como favorables para la presencia de este organismo en el suelo.

Siendo así y en referencia a los rangos óptimos de pH reportados para el desarrollo de este patógeno, algunos autores tales como: Sanogo *et al.* (2002); Setala *et al.* (2004); Henderson (2010) indican, que los hongos del suelo muestran mayor actividad bajo condiciones ácidas con pH óptimos entre 3 – 4.5.

Hardy (2005) asegura que ciertos organismos causantes de enfermedades de las plantas que habitan en el suelo, específicamente algunos hongos de la raíz, se desarrollan más rápidamente cuando aumenta la acidez en los suelos, siendo los rangos óptimos de pH entre 3.5 y 4. 5.

Agrios (2006) se refiere al pH como un importante factor en la incidencia y severidad de enfermedades de las plantas causadas por patógenos del suelo como *R. solani*, *M. phaseolina*, *S. rolfsii* y otros, los cuales prevalecen y muestran sus mayores grados de severidad a pH óptimo entre 3 - 4,8, su virulencia disminuye a valores de pH entre 4,8 - 5,5 y es completamente inhibida su patogenicidad a pH de 7,8.

Nerey *et al.* (2010) en estudios realizados sobre los hongos patógenos que causan la pudrición de la raíz en el cultivo del frijol y la influencia del tipo de suelo en Cuba señalan, que estos prevalecen en suelos con pH ácido donde los rangos óptimos oscilan entre 3,8 - 4,5.

Con respecto a los amplios rangos de pH reportados por diversos autores como favorables para la presencia de este patógeno en los cultivos, en los que

se incluyen los valores de pH obtenidos en el estudio. Herrera (2004) plantea, que la mayor parte de los hongos patógenos del suelo tienen un rango de tolerancia al pH más o menos amplia y dentro del mismo los cambios en la reacción del suelo no tienen casi ninguna importancia.

Ruiz *et al.* (2005) en trabajos desarrollados sobre la introducción de agentes de control biológico de *R. solani* en suelos solarizados o encalados en condiciones de invernadero señalan, que se ha considerado valores amplios de pH donde pueden observarse las poblaciones de este organismo con valores promedios de 5,5 - 6.

Stakman y Harrar (2005) y Niknejad (2006) señalan que generalmente los hongos del suelo son muy tolerantes a las variaciones del ión H⁺ y pueden desarrollarse en un amplio rango de pH desde 3 hasta 8, lo que permite explicar porque el área de desarrollo de estos organismos varía notablemente, de acuerdo a la especie, variedad y biotipo del patógeno o a la composición del suelo.

También Henderson (2010) opina que *R. solani* puede encontrar condiciones favorables para su presencia en los suelos de diferentes cultivos, en amplios rangos de pH entre 4 y 8, dependiendo del grupo de anastomosis (AG) que esté presente, el tipo de suelo, así como la temperatura y la humedad del suelo.

Ramírez *et al.* (2014) al fundamentar las bases para el manejo Integrado de hongos fitopatógenos del suelo en el frijol común (*P. vulgaris*) aseguran, que estos organismos patógenos de la raíz en el cultivo, pueden mostrar su incidencia a amplios rangos de pH del suelo entre 4 – 7,8 bajo las condiciones de Cuba.

Por su parte la materia orgánica, la cual es el último elemento a tener en cuenta en el suelo evaluado, constituye uno de los componentes esenciales del suelo en pequeña porción formada por los restos vegetales y animales, que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas asegurando de esta manera la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo, tiene una gran influencia en las características químicas - físicas de los suelos así como sobre su

fertilidad y capacidad productiva, constituye la principal fuente de nitrógeno para las plantas y es un importante contribuyente a la capacidad de intercambio catiónico, además ejerce un efecto decisivo en la capacidad del suelo para retener la humedad.

Se nota, que en el suelo evaluado su contenido fue de 3,26 % para la Granja Estatal y 3,14 % para la CPA, considerados ambos como medios, según su evaluación agroquímica.

Varios autores entre los que se destacan Bures (2004); Casanova (2005); Corbella *et al.* (2006); Banoni *et al.* (2007) señalan, que este organismo necesita de altos contenidos de materia orgánica en el suelo para su permanencia y desarrollo y que un número amplio de bacterias, actinomicetos y hongos del suelo están fuertemente influenciados por la cantidad de residuos vegetales retornados al suelo, por lo que muchos de los factores que tienen influencia en la incidencia de organismos patógenos en el suelo están directa o indirectamente influenciado por el contenido de materia orgánica. Además, que una abundante provisión y contenido en el suelo de materia orgánica favorece grandemente el crecimiento de organismos saprofitos como el hongo *R. solani*, el cual se conserva en el suelo en forma de esclerocio o de micelio viviendo de la materia orgánica debido a su alto potencial saprofito, lo que le permite sobrevivir en forma de micelio durante más de tres años.

Avilés *et al.* (2011), indican que existen interacciones entre el tipo de enmienda orgánica suministrada al suelo, el contenido de materia orgánica presente y el patógeno a controlar, ya que las aplicaciones de compost las cuales enriquecen el contenido de materia orgánica en los suelos son efectivas para el control de prácticamente todos los patógenos que habitan en él, a excepción de *R. solani*, la cual prevalentemente incrementa sus poblaciones, al igual que muchas de las enfermedades causadas por este patógeno y por *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.

Millas (2013), plantea que *R. solani* se conserva en el suelo en forma de esclerocio o de micelio viviendo de la materia orgánica de este, por lo que porcentajes altos de materia orgánica favorecen la presencia de este organismo y su severidad.

Ramírez *et al.* (2014) señalan, que se ha comprobado en el cultivo del frijol bajo las condiciones de Cuba, que *R. solani* y otros patógenos del suelo incrementan sus poblaciones y su patogenicidad en los suelos dedicados al cultivo, cuando se suministran enmiendas orgánicas al suelo o el contenido de materia orgánica supera el 4%.

No obstante, tomando en cuenta lo anteriormente expresado por numerosos autores de que altos valores de materia orgánica en los suelos constituyen un medio óptimo para el desarrollo de *R. solani*, se puede considerar que los valores medios de materia orgánica obtenidos en el estudio propiciaron determinadas condiciones favorables para la presencia de este patógeno en el cultivo.

En sentido general, la caracterización agroquímica del suelo objeto de estudio arrojó, que en el caso de los macroelementos principales como el nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), cuyos valores obtenidos fueron evaluados de bajos y medio no ejercieron una relación directa en la distribución del patógeno en correspondencia con la literatura científica analizada sobre el tema, mientras que ocurrió algo similar para los cationes cambiabiles (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+), solo en el caso de los valores de pH obtenidos los cuales se encontraron dentro de los amplios rangos reportados por varios autores como favorables para la presencia de este organismo, así como el contenido de materia orgánica en el suelo que aunque evidenció valores medios pueden considerarse adecuados para la permanencia de este patógeno en el cultivo, fueron los que pudieron ejercer su influencia en el comportamiento de este hongo del suelo.

Todo lo explicado anteriormente nos indica, que de forma general las variables climáticas registradas en la investigación, así como las relacionadas con el tipo de suelo analizado no muestran una relación tan directa sobre los porcentajes de distribución del patógeno, a excepción de dos o tres casos cuyos valores alcanzados se encuentran entre los óptimos y amplios rangos reportados por diversos autores como favorables para su presencia y desarrollo en el cultivo. Por tanto, se hace inevitable profundizar sobre los métodos de muestreos utilizados en la investigación, como otro factor abiótico a tener en cuenta en el estudio y como único elemento que marco la diferencia entre ambos

experimentos, para determinar su posible influencia en la distribución de *R. solani*.

A continuación, se exponen las principales características que distinguen a cada uno de los métodos de muestreos utilizados.

El método de muestreo sistemático no alineado (Experimento 1) se caracterizó, porque los puntos de muestreos (6 ha) conformados por sub puntos se encontraban situados a diferentes distancias desde el borde hacia dentro, posibilitando realizar los muestreos en distintos sitios en el interior de cada uno de los puntos muestrales, logrando de esta forma abarcar una mayor cantidad de área, obtener un notable número de muestras y por tanto mayor representatividad del comportamiento de la enfermedad en la superficie evaluada.

Mientras que en el método de muestreo en diagonal (Experimento 2), los puntos de muestreos se dispusieron sobre la diagonal (tomándose 100 plantas por cada evaluación) quedando un área extensa dentro de la hectárea que no fue evaluada, lo cual influyó en la obtención de un reducido número de muestras y por consiguiente menor representatividad del desarrollo del patógeno dentro del área objeto de análisis.

De lo anterior se deduce, que las diferencias existentes entre los dos métodos de muestreos utilizados en cada uno de los experimentos realizados, tiene su elemento principal en el número de muestras obtenidas y su representatividad, lo cual puede explicar la desigualdad en los valores de porcentajes de distribución alcanzados por el patógeno en uno y otro ensayo.

Sin embargo y tomando en consideración lo expresado anteriormente, se consideró oportuno aplicar un análisis estadístico a los datos obtenidos sobre el número de plantas afectadas en cada uno de los experimentos realizados, para comparar ambos métodos de muestreos y determinar si estos ejercieron influencia en los valores de porcentajes de distribución obtenidos por el patógeno en las áreas evaluadas.

4.2.3. Comparación de los métodos de muestreos utilizados y su influencia en la distribución de *R. solani*

En todo estudio las primeras preguntas que surgen, por lo general, están relacionadas con el muestreo, entre ellas encontramos ¿Por qué muestreamos?, ¿Cuántas muestras tomamos?, ¿Cuándo muestreamos?, ¿Qué muestreamos? (muestreamos ¿áreas?, ¿volúmenes?, ¿plantas?, ¿plagas?, ¿profundidades?, ¿algún tipo particular de suelo?, ¿algún tipo particular de atributo? (Cressie, 2001).

El propósito fundamental de cualquier muestreo, es obtener información acerca de ellos (Emmen, 2004); sin embargo, no existe un único y óptimo diseño de muestreo que sirva para todas las exigencias (Ovalles, 2005). El objetivo del muestreo es el de hacer inferencias sobre la población de interés, basado en la información contenida en la muestra (Vázquez *et al.*, 2007).

Para entender el proceso de muestreo es necesario hacer algunas consideraciones previas, ya que el muestreo es función de varios aspectos; así tenemos que diversos autores han establecido que antes del muestreo es necesario saber cuál es el propósito que se tiene, pues el objetivo del estudio establece el grado de exactitud y precisión que se quiere alcanzar; por tal motivo, el propósito del estudio tiene un gran peso en el diseño del muestreo a utilizar y en la muestra a tomar (Ovalles, 2005 y Zúñiga *et al.*, 2008).

La muestra está influenciada por varios factores, como son la variabilidad del objeto, el nivel de confianza establecido y el grado de exactitud que se quiere alcanzar, pero no hay duda que la utilidad de la muestra está en función directa del grado de representatividad que ella tiene. La representatividad de la muestra por lo general se expresa a través de una superficie, cuyo tamaño es función de la intensidad de uso, como consecuencia de la influencia que ésta tiene sobre la variabilidad (Vázquez, 2010).

Ampliando lo anterior, se puede indicar que la finalidad que tiene toda muestra es la de revelar información sobre la población que representa, de tal forma que se puedan hacer recomendaciones adecuadas con un determinado nivel de confianza, por tanto, los resultados son función de la calidad de la muestra. La muestra debe ser lo más representativa posible de la población bajo estudio,

de otra manera las estimaciones van a ser muy poco valederas, indistintamente de la calidad de los análisis que realicemos y se convierte en la fuente básica de información sobre la cual se basan todos los posteriores análisis e interpretaciones (Ribeiro-Costa, 2010).

La selección de la muestra y del diseño de muestreo por parte del investigador es casi inviolable y pasa sin réplica. En consecuencia, las técnicas de muestreo pueden convertirse en una fuente de controversia y por lo tanto son enmascaradas con reserva. Por tal motivo, la precisión del muestreo de campo es un factor de peso que limita la confiabilidad de los resultados de laboratorio. En base a lo anterior, puede decirse que la validez y exactitud de los resultados de los análisis son función directa de la calidad de la muestra y el diseño del muestreo utilizado. (Troyo *et al.*, 2008).

Quiñones, (2012) señala que el método de muestreo tiene implicación en varios estudios sobre poblaciones de plagas y enfermedades, ya que la distribución de estos organismos así como sus índices de infestación dentro de la parcela evaluada dependen en gran medida de cómo se llevo a cabo el método de muestreo, por tanto para determinar el comportamiento de los fitopatógenos en los cultivos agrícolas es importante decidir y valorar el método que se va a emplear en un trabajo específico, debe de hacerse con cuidado considerando la capacidad para responder a la pregunta que se ha planteado. Después de analizar los resultados obtenidos, este debe ser cuidadosamente verificado y si es necesario compararlo con otros métodos utilizados, para comprobar su influencia sobre el objeto investigado, adecuar su eficacia al sistema y poder recomendarlo en estudios similares.

En el estudio, para comparar ambos métodos de muestreo que a la vez representan los experimentos evaluados, se tomaron los datos sobre el número de plantas afectadas para cada caso, los que fueron procesados a través de una prueba de comparación de proporciones con las hipótesis:

$$H_0: p(s) \leq p(d)$$

$$H_1: p(s) > p(d)$$

Donde:

p (s): proporción de plantas afectadas en el Experimento 1 (muestreo sistemático no alineado)

p (d): proporción de plantas afectadas en el Experimento 2 (muestreo diagonal).

En la Tabla 26 se muestran estos resultados, donde se observa, que a partir de la toma de muestras de 720 plantas en el experimento 1 y 600 en el experimento 2 para cada evaluación realizada en ambas entidades, se encontraron muchas más plantas afectadas en el experimento 1 que en el experimento 2, es decir los porcentos de plantas afectadas para el experimento 1 fueron superiores con un 39% en relación con el experimento 2 que fue de 14%, existiendo diferencias altamente significativas entre ambos experimentos, en cuanto al número total de plantas afectadas.

Tabla 26: Resultados de las pruebas de igualdad de proporciones entre ambos experimentos.

		Total plantas afectadas y proporción por experimento.					
		Experimento 1		Experimento 2			
Entidad	Número Evaluac.	Total plantas afectadas/ ha	Prop.	Total plantas afectadas/ ha	Prop.	Estad. de Prueba	Probabilidad
Granja Estatal	1	74	0,100	18	0,030	5,02	0,0000005***
	2	89	0,124	49	0,082	2,47	0,020*
	3	116	0,161	63	0,105	2,95	0,003**
	4	305	0,424	114	0,190	9,09	0,000***
	5	308	0,428	74	0,123	12,17	0,000***
	6	284	0,394	70	0,117	11,31	0,000***
	7	347	0,482	77	0,128	13,59	0,000***
CPA	1	94	0,130	31	0,050	4,96	0,0000006***
	2	134	0,186	57	0,095	4,68	0,000***
	3	364	0,505	123	0,205	11,24	0,000***
	4	383	0,532	130	0,217	11,69	0,000***
	5	440	0,611	87	0,145	17,21	0,000***
	6	470	0,653	128	0,213	15,99	0,000***
	7	529	0,735	133	0,222	18,59	0,000***
Total	14	7345	0,390	2175	0,140	37,84	0,000***

* → Se rechaza la hipótesis de igualdad al 5% ---- 95% de confianza

** → Se rechaza la hipótesis de igualdad al 1%---- 99% de confianza

*** → Se rechaza la hipótesis de igualdad al 0,1%-- 99,9% de confianza

Además, se aprecia que la comparación del número de plantas afectadas en cada una de las evaluaciones realizadas, evidenciaron diferencias significativas en su totalidad para los dos experimentos, es decir, se rechaza la hipótesis nula, siendo importante resaltar que en algunos casos fueron altamente significativas, como se observa en la Granja Estatal para la primera y las cuatro últimas evaluaciones y en la CPA para las siete evaluaciones realizadas, visto de otra manera estos resultados podemos decir, que en 12 de las 14 evaluaciones llevadas a cabo en el estudio, la prueba de hipótesis es altamente significativa (confiabilidad del 99.9%), lo que indica las diferencias entre ambos métodos de muestreo.

Por tanto, las desigualdades obtenidas con respecto al número de plantas afectadas, evidencian una vez más las diferencias que existen entre ambos métodos de muestreos, siendo el Experimento 1 con un muestreo sistemático no alineado el que arrojó los mejores resultados, al mostrar el mayor número de plantas afectadas y los más altos porcentajes de distribución del patógeno como fue explicado anteriormente, demostrándose así, la estrecha relación que existe entre ambos parámetros de forma proporcional, es decir, en la medida que aumenta el número de plantas afectadas aumenta los porcentajes de distribución y para determinar los porcentajes de distribución de un organismo determinado, el número total de plantas afectadas conjuntamente con el número total de plantas muestreadas, constituyen elementos fundamentales para su cálculo, tal y como se muestra en la fórmula descrita para este caso en el capítulo de Materiales y Métodos de este trabajo.

Con relación a estos resultados varios autores señalan, que el método de muestreo sistemático no alineado es utilizado en diferentes estudios, para evaluar el comportamiento de plagas y enfermedades en los cultivos, posibilitando de una manera más amplia y exacta conocer lo que realmente está sucediendo en el área evaluada en relación al organismo investigado en comparación con otros métodos de muestreos, lo cual se corrobora con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

González y Manrique (2004) plantean, que el método de muestreo seleccionado y utilizado en una investigación tiene influencia directa en los

resultados sobre el comportamiento de un organismo determinado y se ha comprobado que el método de muestreo sistemático no alineado constituye uno de los más utilizados en entomología y en el estudio de microorganismos del suelo incluyendo hongos, bacterias y otros microorganismos habitantes del mismo, ya que permite obtener muestras más representativas del área analizada y estas son fácilmente comparables sin necesidad de ajustes estadísticos sofisticados.

Zapata (2007) señala, que el método de muestreo sistemático no alineado es recomendable para el estudio de microorganismos del suelo, pues posibilita conocer el número total de especies en una comunidad, ya que la dificultad mayor para conocer el papel ecológico de estos organismos que habitan los suelos es determinar que especies se encuentran en un ambiente particular junto con su estado de actividad vegetativa.

Triomphe (2008) al realizar estudios de técnicas de muestreo en los agroecosistemas indica, que el método de muestreo sistemático y algunos de sus tipos entre los que se encuentra el no alineado, son aconsejables para el estudio de la estimación de los rendimientos agronómicos en los cultivos agrícolas, ya que permite analizar más eficientemente el daño producido por las plagas y enfermedades al brindar una información más exacta y detallada de sus comportamientos dentro del área muestreada.

Gómez *et al.* (2009), utilizaron el muestreo sistemático no alineado al evaluar el comportamiento y distribución de *F. solani* en el cultivo de *V. unguiculata* (frijol caupí), en entidades productivas del Municipio Gíbara, provincia de Holguín y señalaron, que este tipo de muestreo es de fácil ejecución y posibilita una mayor información sobre el comportamiento del patógeno en el área evaluada.

Pupo *et al.* (2011) y Milán *et al.* (2013), analizaron la incidencia y distribución de *R. solani* y otros patógenos del suelo en el cultivo de *V. unguiculata* (frijol caupí), utilizando en algunas áreas el muestreo sistemático no alineado, para lograr mayor representatividad del comportamiento de estos organismos, debido a la extensión de las áreas y los daños producidos.

En correspondencia con los resultados anteriormente detallados, donde se demostró las diferencias entre ambos métodos de muestreos y su relación

directa con los valores obtenidos sobre el número de plantas afectadas y los porcentajes de distribución de *R. solani*, se hace conveniente analizar los valores de rendimiento obtenidos en ambos experimentos para valorar el comportamiento de este parámetro entre ambos métodos de muestreo y la posible correspondencia que existe entre el número de plantas afectadas con los valores de cosechas obtenidos.

4.2.4. Comparación de los rendimientos obtenidos en los métodos de muestreo utilizados y su relación con la distribución de *R. solani*

En el Anexo 8, aparecen los resultados de la comparación de los rendimientos totales promedios obtenidos entre los experimentos realizados, mediante una prueba de comparación de medias con las hipótesis:

$$H_0: M_{R1} = M_{R2}$$

$$H_1: M_{R1} \neq M_{R2}$$

Donde:

M_{R1} : Rendimiento total promedio Experimento 1 (muestreo sistemático no allineado)

M_{R2} : Rendimiento total promedio Experimento 2 (muestreo diagonal).

Se observa, que la prueba de hipótesis resultó no significativa, por lo que no se rechaza la H_0 (P-value = 0,541313 > 0,05) es decir, no existen diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos en el Experimento 1 y el Experimento 2 a un intervalo de confianza del 95%.

Asimismo, se aprecia que los rendimientos totales promedios en ambos experimentos alcanzaron valores de 0,624 ton / ha para el experimento 1 y de 0,568 ton / ha para el experimento 2, los cuales se consideran bajos valores de cosecha y son inferiores a los rendimientos promedios obtenidos en la provincia de Holguín en la variedad INIFAT – 93 que son de 1.0 – 1.20 ton / ha y de los reportados en Cuba en el cultivo por varios autores tales como: García, *et al.* (2006); Sánchez (2008); Brizuela *et al.* (2011); Chaveco *et al.* (2012); Escalona (2012) y López *et al.* (2014).

La similitud mostrada en los valores de rendimientos alcanzados en ambos experimentos, pudo estar influenciado por los métodos de muestreos utilizados, ya que en el caso del experimento 2 (muestreo en diagonal) los valores de rendimientos promedios obtenidos en este ensayo debían haber sido mucho más altos que los del experimento 1, atendiendo a que los porcentajes de distribución del patógeno fueron menores y sin embargo no fue así, por lo que se deduce que los datos evaluados de la enfermedad por el método de muestreo diagonal correspondiente a este experimento, no reflejan lo que realmente está sucediendo en el área estudiada en relación con el comportamiento del patógeno, al evidenciar exclusivamente los porcentajes de distribución de *R. solani* en una parte de la superficie investigada (espacio delimitado por la diagonal), quedando un área extensa dentro de la hectárea seleccionada que no fue analizada en la que pudieran encontrarse plantas afectadas y no fueron anotadas en el estudio, pero pudieron influir directamente en los valores de cosecha, tal y como ha quedado demostrado en la escasa relación que existe entre los valores de rendimientos alcanzados y los porcentajes de distribución del patógeno.

Mientras que en el caso del experimento 1 (muestreo sistemático no alineado), cuyo muestreo de la enfermedad se realizó en diferentes sitios dentro de la hectárea analizada y la superficie evaluada fue mucho mayor, arrojó valores de distribución del patógeno muy superiores a los del experimento 2, los cuales muestran una mayor relación con los bajos rendimientos obtenidos.

En correspondencia con estos resultados debemos señalar, que las diferencias obtenidas en los porcentajes de distribución del patógeno, así como la similitud en los valores de rendimientos alcanzados en ambos experimentos por los análisis estadísticos realizados, evidencian la influencia que ejercieron en el estudio los métodos de muestreos evaluados a diferencia de los otros factores abióticos anteriormente analizados.

Además, se pudo constatar que de los métodos de muestreos evaluados, el método de muestreo sistemático no alineado fue muy superior con respecto al método de muestreo diagonal, debido a que mostró tener mayor integralidad al lograr una amplia información, visión holística real y objetiva del comportamiento de *R. solani* en el área evaluada, un alto grado de confiabilidad

por su representatividad y seguridad, así como posee una gran factibilidad por su fácil implementación en la práctica productiva y en la toma de decisiones.

Al mismo tiempo es significativo mencionar que este método de muestreo se caracteriza por su gran aplicación en los estudios geoestadísticos utilizados actualmente para conocer la distribución espacial de plagas y enfermedades en los cultivos, cuyos resultados posibilitan conocer con mayor precisión y objetividad la estructura del comportamiento de un organismo y sus predicciones futuras dentro del área evaluada, así como el conocimiento estimado de toda el área de estudio, aspectos de gran influencia en la toma de decisiones y muy especialmente para elaborar los programas integrados de defensa fitosanitaria de forma oportuna y eficaz, los cuales pueden ser empleados con mayor ahorro económico y ambiental al poderlos dirigir hacia las zonas específicas de infestación

En general, todos los aspectos antes expuestos tienen una gran relevancia, al poder demostrar científicamente que el método de muestreo sistemático no alineado puede constituir un nuevo método de muestreo para la evaluación de la enfermedad, debido a su integralidad, representatividad y confiabilidad mostrada en los resultados obtenidos sobre el comportamiento del patógeno, además de ser una alternativa metodológica dentro de la Metodología que se propone en este trabajo, que por su importancia en la agricultura de la provincia Holguín posibilitará perfeccionar las estrategias fitosanitarias dirigidas al control de este patógeno del suelo.

No obstante, aunque se conoce la distribución temporal de *R. solani* dentro de las zonas objetos de estudios, en la actualidad no se conoce en Cuba ni en las áreas evaluadas su distribución espacial, lo cual podría determinarse mediante el uso de técnicas geoestadísticas a partir de los datos obtenidos en el experimento 1 bajo el método de muestreo sistemático no alineado y de esta forma conocer la estructura de la variabilidad espacial de la enfermedad, los rangos de variabilidad espacial de la incidencia, así como elaborar los mapas para precisar los focos de infestación de este patógeno dentro de las parcelas analizadas, con vista a poder ejercer su control fitosanitario localizado con un bajo impacto ambiental y menor uso de recursos, como aspectos significativos y de gran novedad dentro de la metodología que se propone.

4.3. Distribución espacial de *R. solani* en las áreas evaluadas de ambas entidades

El conocimiento de la distribución espacial de una enfermedad, en especial aquellas que afectan las raíces de las plantas y la determinación de sus posibles patrones de distribución a los que se ajusta dicha población de organismos patógenos en un cultivo dado, ayuda a conocer sus hábitos de vida, sus tendencias a agruparse o no en las diferentes etapas de su desarrollo y las preferencias con respecto a su hábitat. Además posibilita desarrollar planes de muestreo eficientes que proporcionen los elementos necesarios para la toma de decisiones sobre el control de la enfermedad, siendo un aspecto muy importante para la generación de estrategias eficientes de manejo (Barrosa y Chinchilla, 2006).

En este sentido, el uso de la geoestadística tiene la ventaja de caracterizar la distribución espacial de cualquier enfermedad y su intensidad sobre el área de estudio, con lo cual sería posible obtener ahorros económicos y ambientales al poder dirigir las diversas alternativas de control hacia las zonas específicas de infestación, así como la implementación de un Manejo Integrado que posibilite el control de la enfermedad (Oveisi, 2010).

En la actualidad en Cuba, no existe información sobre la estructura espacial de la distribución de *R. solani* que proporcione soporte científico para la elección de alternativas de control integral eficientes y sustentables, que permitan el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de tácticas de control y de valoración de riesgos, así como la realización de estrategias de control integrado específicas en las áreas de infestación dentro de la zona de cultivo con menor riesgo ambiental y ahorros económicos. (Roumagnac *et al.* (2004), Groves *et al.* (2005), Mouen-Bedimo *et al.* (2007), Nava (2009).

Por lo tanto, la integración de un conjunto de programas y aplicaciones informáticas para la gestión de datos organizados referenciados espacialmente, que puedan ser visualizados mediante mapas, considerando también toda la información agroclimática disponible, mediante la aplicación de técnicas Geoestadística, es importante para generar información sobre la distribución espacial de una enfermedad, así como de su estabilidad espacio temporal.

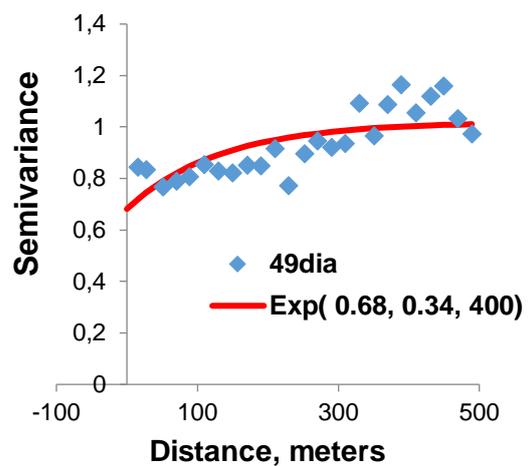
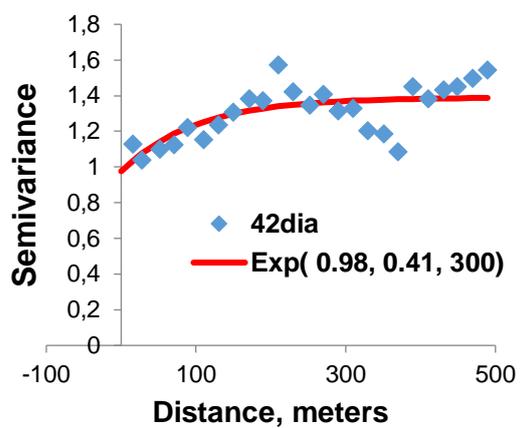
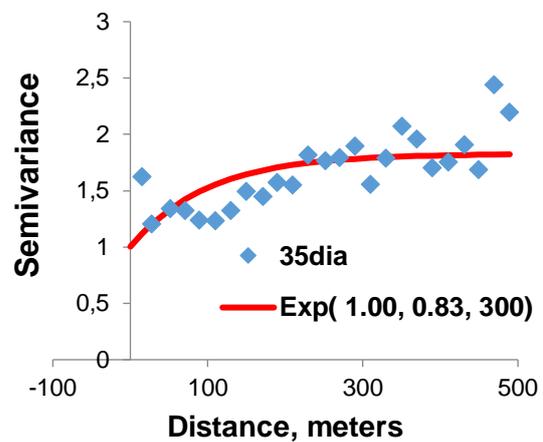
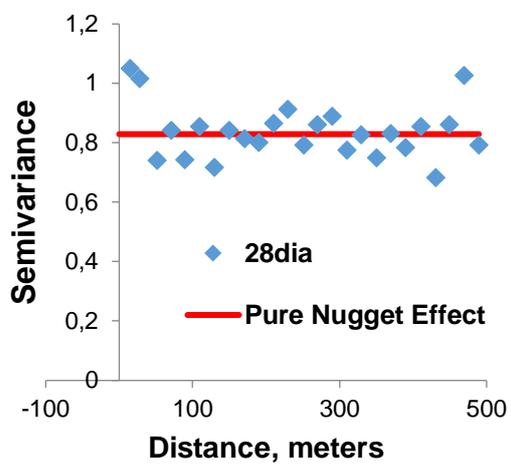
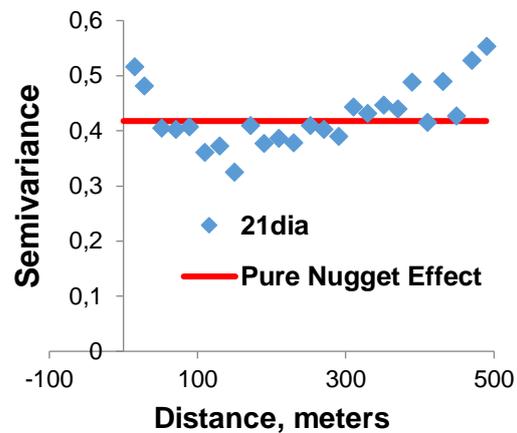
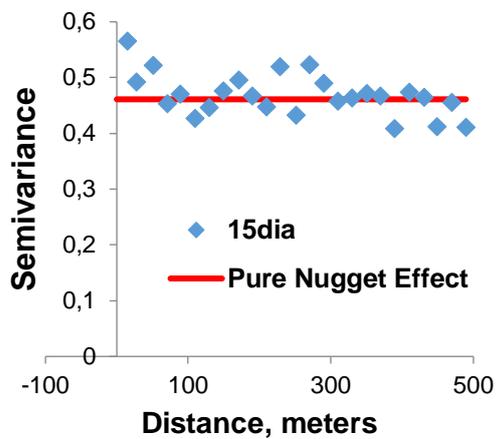
Ante este contexto, en el presente trabajo a partir de la base de datos confeccionada en el experimento 1 (muestreo sistemático no alineado), se aplicó un análisis geoestadístico.

Con los datos obtenidos fue posible generar la modelización espacial y mapeo de las poblaciones de *R. solani* en el cultivo del frijol caupí en ambas entidades evaluadas. Se estableció el número de plantas afectadas en cada muestreo (evaluación) realizado y se logró determinar la estabilidad espacio-temporal de este patógeno, para obtener el patrón de comportamiento espacial, cuyos resultados se detallan en la Tabla 27 y en la Figura 30 para el caso de la Granja Estatal.

Tabla 27. Parámetros (efecto pepita, meseta y alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de plantas afectadas por *R. solani* en la Granja Estatal.

Evaluación (Muestreo)	Modelo	Efecto Pepita	Meseta	Alcance	Pepita/meseta %	Nivel de dependencia espacial
15 días	Efecto pepita puro					
21 días	Efecto pepita puro					
28 días	Efecto pepita puro					
35 días	Exponencial	1,0034	0,6253	300	160,4	Baja
42 días	Exponencial	0,9765	0,4139	300	235,7	Baja
49 días	Exponencial	0,6816	0,3381	400	201,5	Baja
56 días	Exponencial	0,7057	0,2636	400	267,7	Baja

Se observa que en las primeras evaluaciones (15, 21 y 28 días) los variogramas representan un efecto pepita puro, por lo cual hay una ausencia total de correlación espacial de los valores observados y estos no guardan ninguna relación ni siquiera con los valores más próximos, además no existe una distribución geométrica, ni un agrupamiento de los valores observados, así como en términos de distancias estadísticas todos los puntos observados están a la misma distancia del punto estimado.



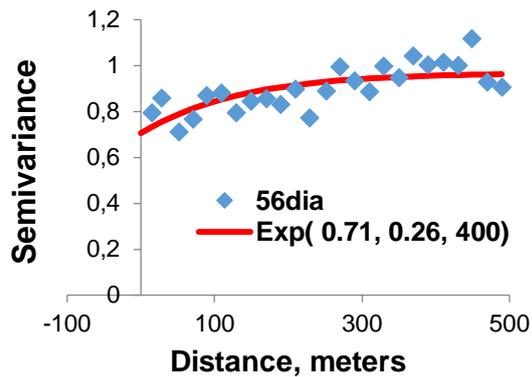


Figura 30. Semivariogramas de *R. solani* obtenidos en las evaluaciones realizadas en la Granja Estatal.

Se observa que en las primeras evaluaciones (15, 21 y 28 días) los variogramas representan un efecto pepita puro, por lo cual hay una ausencia total de correlación espacial de los valores observados y estos no guardan ninguna relación ni siquiera con los valores más próximos, además no existe una distribución geométrica, ni un agrupamiento de los valores observados, así como en términos de distancias estadísticas todos los puntos observados están a la misma distancia del punto estimado.

El resto de las evaluaciones (35, 42, 49, 56 días) se ajustaron a un modelo exponencial, lo cual en términos biológicos indica una distribución agregada de *R. solani* de límites irregulares dentro de la superficie de la parcela, con un desarrollo de la infección de forma acelerada. Así mismo, se aprecia que el efecto pepita y meseta fueron variables, los valores del alcance (rango) fluctuaron entre 300 y 400 m, lo cual indica la distancia máxima hasta la que existe relación entre los datos, lo que permitió un tipo de agregación similar en estas evaluaciones. El nivel de dependencia espacial encontrado entre los datos correspondientes a los muestreos realizados para todos los casos fue baja, según la clasificación de Cambardella *et al.* (1994); López *et al.* (2002) y Ramírez *et al.* (2010), por lo que la escala de muestreo utilizada no fue la adecuada, lo cual propició la existencia de un margen de error, denotando una ligera correlación entre los datos.

En la Tabla 28 se muestran los parámetros estadísticos de la distribución espacial de *R. solani* en las diferentes evaluaciones realizadas.

Tabla 28. Parámetros estadísticos de la distribución espacial de *R. solani* en las evaluaciones realizadas en la Granja Estatal.

Eval.	Tamaño de muestra	Media muestral	Varianza muestral	Desviac Estándar.	Coefic. Variación.	Max.	Min	Skewnes s	Curtosis
15 días	144	0,520	0,461	0,679	130,4	0	3	1,079	0,498
21 días	144	0,625	0,417	0,646	103,4	0	3	0,704	0,234
28 días	144	0,805	0,829	0,910	113,0	0	4	1,355	0,283
35 días	144	2,118	1,699	1,304	61,54	0	5	0,527	0,177
42 días	144	2,125	1,341	1,158	54,49	0	5	0,529	0,144
49 días	144	1,972	0,936	0,967	49,06	0	5	0,620	0,315
56 días	144	2,415	0,909	0,949	39,39	0	5	0,338	0,672

Con los modelos obtenidos se lograron establecer los mapas de agregación de la enfermedad (Figura 31), los cuales muestran la superficie infectada en las zonas evaluadas, posibilitando la identificación de los focos de infestación que se presentan en los puntos muestrales o parcelas en cada evaluación realizada y por lo tanto permiten conocer la naturaleza de la distribución espacial de la enfermedad.

A los 35 días, se observa que existe una alta variabilidad en la distribución de la infección, donde predominan los colores más intensos, sin embargo, en la parte superior de la parcela aparecen dos pequeñas áreas de colores más claro (gris claro) que evidencia focos de infección de valores medios, los cuales casi son imperceptibles en comparación con los colores predominantes.

En el caso de la evaluación a los 42 días, el mapa refleja que los focos de agregación más importantes (se agrupan la mayor densidad de plantas afectadas por el patógeno) con límites irregulares, se concentran en el borde derecho de la parcela y uno de menor densidad por su tamaño en la parte inferior, con un desplazamiento de ambos hacia el interior de la misma, los colores que identifican estas zonas muestran que la infección por *R.solani* se va intensificando y extendiendo a otras áreas en la medida que pasan los días, lo cual puede estar determinado a la propagación del hongo por las basidiosporas que son estructuras especializadas llamadas basidios sobre las cuales se producen las esporas que son transportadas por el viento, también por partículas de tierra, el propio hombre y las máquinas utilizadas en diferentes labores de cultivo, por erosión hídrica y eólica,

aguas de drenaje, irrigación, entre otro factores abióticos externos que influyen en la diseminación de este patógeno, por lo que se considera necesario realizar aplicaciones localizadas de medidas de control fitosanitaria de forma oportuna dirigida a las zonas de mayor infestación del patógeno, para evitar el avance de la enfermedad a las posteriores fases fenológicas del cultivo, así como a otras partes del área evaluada.

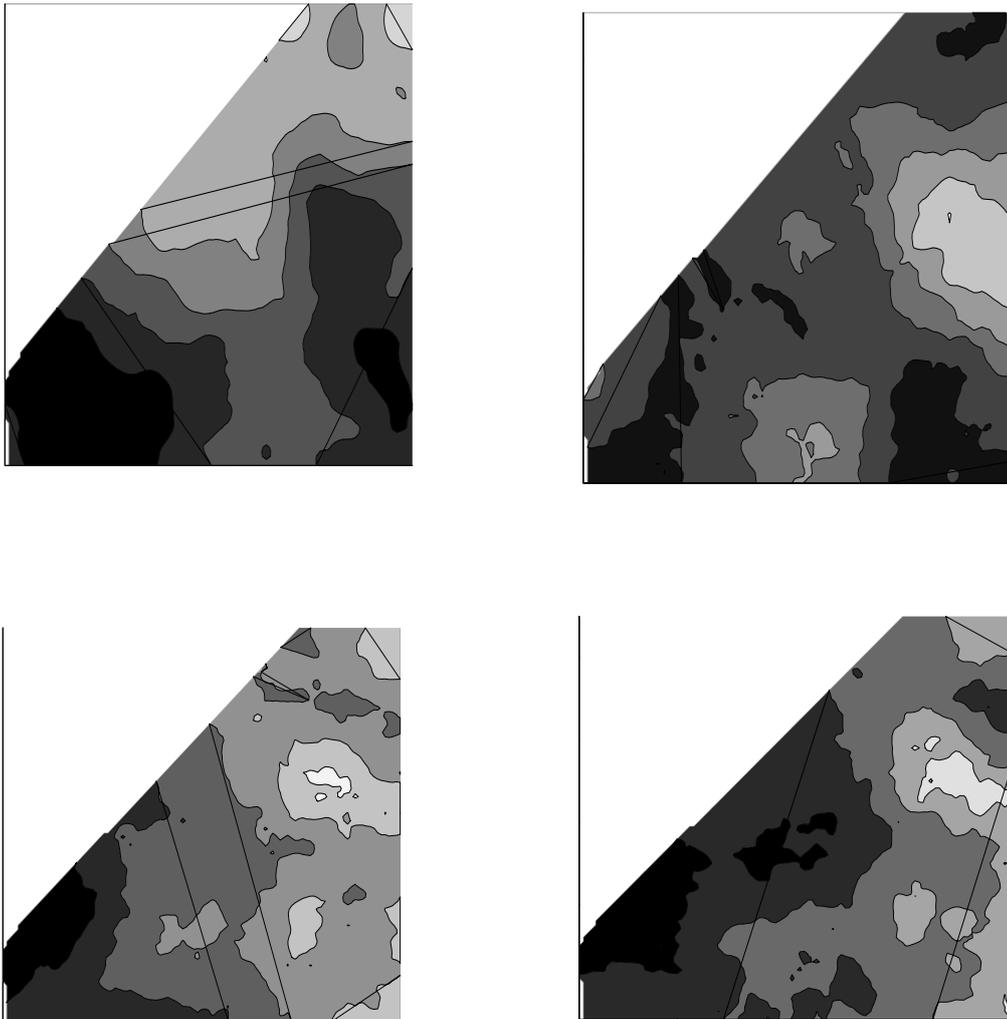


Figura 31. Mapas de densidad de *R. solani* en las áreas evaluadas de la Granja Estatal.

Por su parte, el mapa correspondiente a la evaluación de los 49 días muestra, que las zonas con colores más oscuros van disminuyendo y concentrándose en

el borde izquierdo de la parcela, mientras que los colores más claro se van incrementado en el borde derecho de la misma, ocupando una mayor área en esta parte de la parcela y extendiéndose de forma irregular hacia el interior de la misma, también se evidencian zonas de tonalidades gris claro que ocupan casi toda el área de la parcela, apareciendo pequeños focos de infección de coloración gris muy claro, los cuales representan zonas de altos índices de infección del patógeno localizados en la parte derecha cerca de los bordes de la parcela; demostrándose que la enfermedad se va estableciendo en pequeños puntos dentro de la parcela y que la infección por *R.solani* se intensifica y extiende de los bordes hacia el centro de la misma, al igual que en la evaluación anterior (42 días). Este comportamiento puede estar definido por las causas anteriormente mencionadas relacionadas con la propagación del patógeno, como por la influencia de otras entre los que se destacan: la existencia de zonas dentro del campo con mayor contenido de humedad que favorecen la presencia del patógeno, a que la semilla utilizada para la siembra no fuera de optima calidad (semilla infestada) y su distribución en los campos no se realizará de forma uniforme, a la presencia en el suelo de fuentes de inóculos del patógeno perteneciente a cultivos precedentes, a la presencia de plantas hospederas del patógeno como malezas u otras, localizadas dentro de la parcela, en los bordes o en zonas cercanas a estos, así como a la ocurrencia estable por varios días de condiciones climáticas favorables para el desarrollo del patógeno, entre otras causas.

La evaluación a los 56 días, mantiene un comportamiento similar a la evaluación de los 49 días, aunque se observan algunas diferencias que son importantes considerar, en este caso los colores más oscuros ocupan un área mayor dentro de la parcela y se agrupan en la parte izquierda, los colores más claros presentan un área mayor en extensión hacia el interior de la parcela, al igual que los focos de infección de color gris muy claro que evidencian los valores más altos de infección, los cuales abarcan una superficie mayor en comparación con los observados en la evaluación anterior (49 días), comprobándose que a medida que pasan los días de siembra del cultivo o avanzan las diferentes fases fenológicas, se van intensificando los niveles de infección de este organismo y ocupando mayor área dentro de la parcela

evaluada, siendo este resultado de gran relevancia, tomando en cuenta lo reportado por diversos autores citados en este trabajo los cuales señalan, que en las primeras fases iniciales del cultivo es donde se presentan las mayores afectaciones producidas por los hongos del suelo y específicamente por *R.solani* (Dillard *et al.*, 1997; Gálvez *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2006 y Shama *et al.*, 2008).

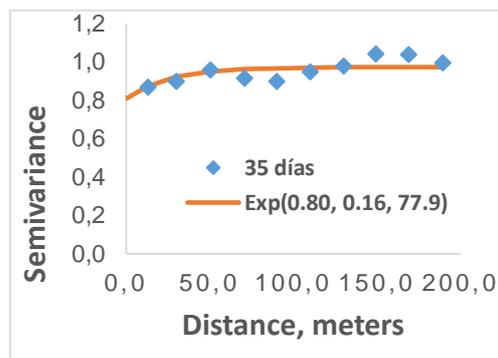
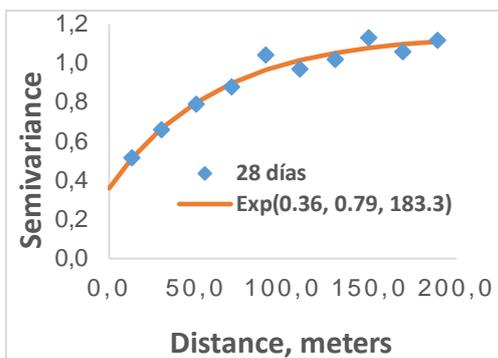
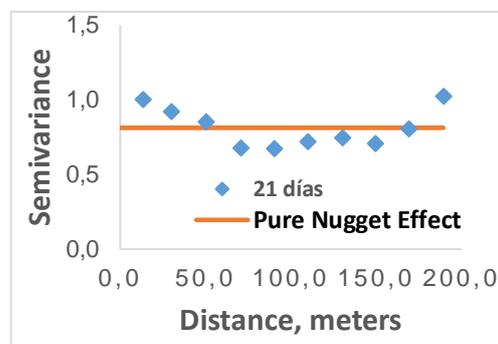
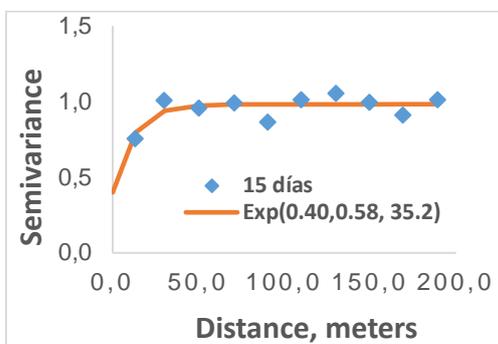
Mientras, que otros autores alcanzan resultados que se corresponden con los logrados en este trabajo, entre los que se destacan: Michel (2005), Muyolo *et al.* (2006), Milán *et al.* (2012), López *et al.* (2016) al afirmar que a partir de los 40 días después de la siembra de numerosos cultivos, se registran altas poblaciones de *R. solani* y otros hongos del suelo y que además se ha comprobado que aunque en las primeras fases fenológicas del cultivo se reportan altas infestaciones de *R. solani*, se hace frecuente también observar que su ataque se acentúa en la medida que avanza el ciclo del cultivo, observándose sus mayores afectaciones a partir de la etapa de floración-formación de vainas.

En el caso de la CPA, en la Tabla 29 y en la Figura 32, se muestran los resultados del patrón de comportamiento espacial del patógeno en esta entidad.

Se observa que en la evaluación de los 15, 28, 35, 49 y 56 días los semivariogramas se ajustaron a un modelo con estructura espacial de tipo exponencial, mientras que en las evaluaciones a los 42 días la distribución espacial se ajustó al modelo gaussiano. Dichos resultados denotan una estructura espacial agregada de *R. solani* en las áreas evaluadas, que en el caso del modelo exponencial, indica en términos biológicos una distribución agregada de *R. solani* de límites irregulares dentro de la superficie de la parcela, con un desarrollo de la infección de forma acelerada y el modelo gaussiano expresa la gran capacidad de diseminación y una alta continuidad espacial de la enfermedad que se explica con la extensión radial de ésta hacia otros puntos o plantas vecinas, siempre que existan condiciones ambientales favorables.

Tabla 29. Parámetros (efecto pepita, meseta y alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de plantas afectadas por *R. solani* en la CPA.

Evaluación (Muestreo)	Modelo	Efecto Pepita	Meseta	Alcance	Pepita/meseta %	Nivel de dependencia espacial
15 días	Exponencial	0,4000	0,3829	35,18	104,46	Baja
21 días	Pure nugget effect					
28 días	Exponencial	0,8593	0,7856	183	109,38	Baja
35 días	Exponencial	0,8090	0,1640	78	493,26	Baja
42 días	Gaussiano	0,6217	0,3930	150	158,16	Baja
49 días	Exponencial	0,4944	0,5297	100	93,33	Baja
56 días	Exponencial	0,7000	0,3573	100	195,90	Baja



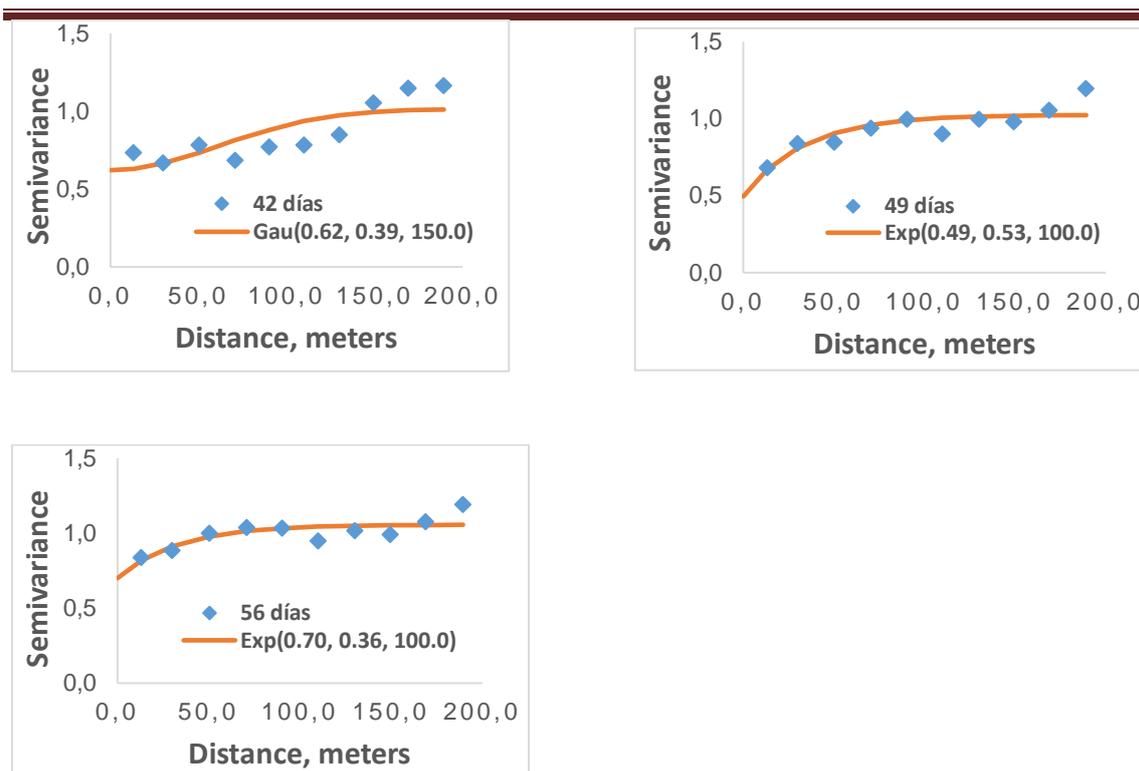


Figura 32. Semivariogramas de *R. solani* obtenidos en las evaluaciones realizadas en la CPA.

En todos los semivariogramas de los modelos obtenidos, el efecto pepita fue variable, lo que demuestra la existencia de error de muestreo, así como, la escala de muestreo utilizada no fue la adecuada. En cuanto a la meseta, los valores variaron entre 0,40 y 0,8593 para el modelo exponencial y de 0,6217 para el modelo gaussiano. Los valores del alcance (rango) fluctuaron entre 35, 18 y 150 m para el modelo exponencial y de 155,16 m para el modelo gaussiano, siendo estas las distancias máximas hasta la que existe relación entre los datos, lo que posiblemente ocasionó los tipos de agregación en estas evaluaciones. El nivel de dependencia espacial encontrado entre los datos correspondientes a estas evaluaciones fue baja, al igual que en la Granja Estatal, en correspondencia con la clasificación de Cambardella *et al.* (1994); López *et al.* (2002) y Ramírez *et al.* (2010), por lo que la escala de muestreo utilizada no fue la adecuada y por tanto existió una ligera correlación entre los datos.

En el caso de la evaluación correspondiente a los 21 días, el variograma obtenido representa un efecto pepita puro, lo que evidencia una ausencia total

de correlación espacial en los valores observados, no existiendo ninguna relación con los valores más próximos, ni un agrupamiento de los valores observados.

A partir de los modelos obtenidos, se lograron establecer los mapas de agregación de la enfermedad (Figura 33), los que muestran los focos de infestación que se presentan en los puntos muestrales o parcelas en las áreas evaluadas de la CPA, por cada evaluación realizada.

En los mapas se aprecian diferentes coloraciones, que están representados en las escalas, donde los colores más intensos se corresponden con los valores más bajos, y estos a su vez a los menores índices de infestación alcanzados por el patógeno, de esta forma el color azul oscuro y verde intenso representan valores bajo de infección, el verde ligeramente oscuro hasta verde ligeramente claro valores medio y el verde claro a verde amarillento valores muy altos de infección, lo cual permite distinguir los focos de agregación del patógeno dentro del área evaluada, en las diferentes evaluaciones realizadas.

En las evaluaciones realizadas a los 15 días, se observa un predominio de los colores más oscuros (azul oscuro y verde intenso) en la mayor parte de los bordes de las parcelas y áreas cercanas a estos, los cuales se extienden de forma irregular hacia diferentes partes del interior de las parcelas, estos representan bajos valores de infección, también se aprecian zonas de colores verdes ligeramente oscuro y claro (valores medios de infección) que se ubican en el borde izquierdo inferior y derecho medio del área evaluada, los que experimentan una ligera expansión desigual hacia el interior y centro de esta, además se visualizan dentro y cerca de estas zonas antes mencionadas, pequeñas áreas casi imperceptibles por su poca extensión, de colores verde claro y verde amarillo que se corresponden con focos de agregación del patógeno con altos índices de infección.

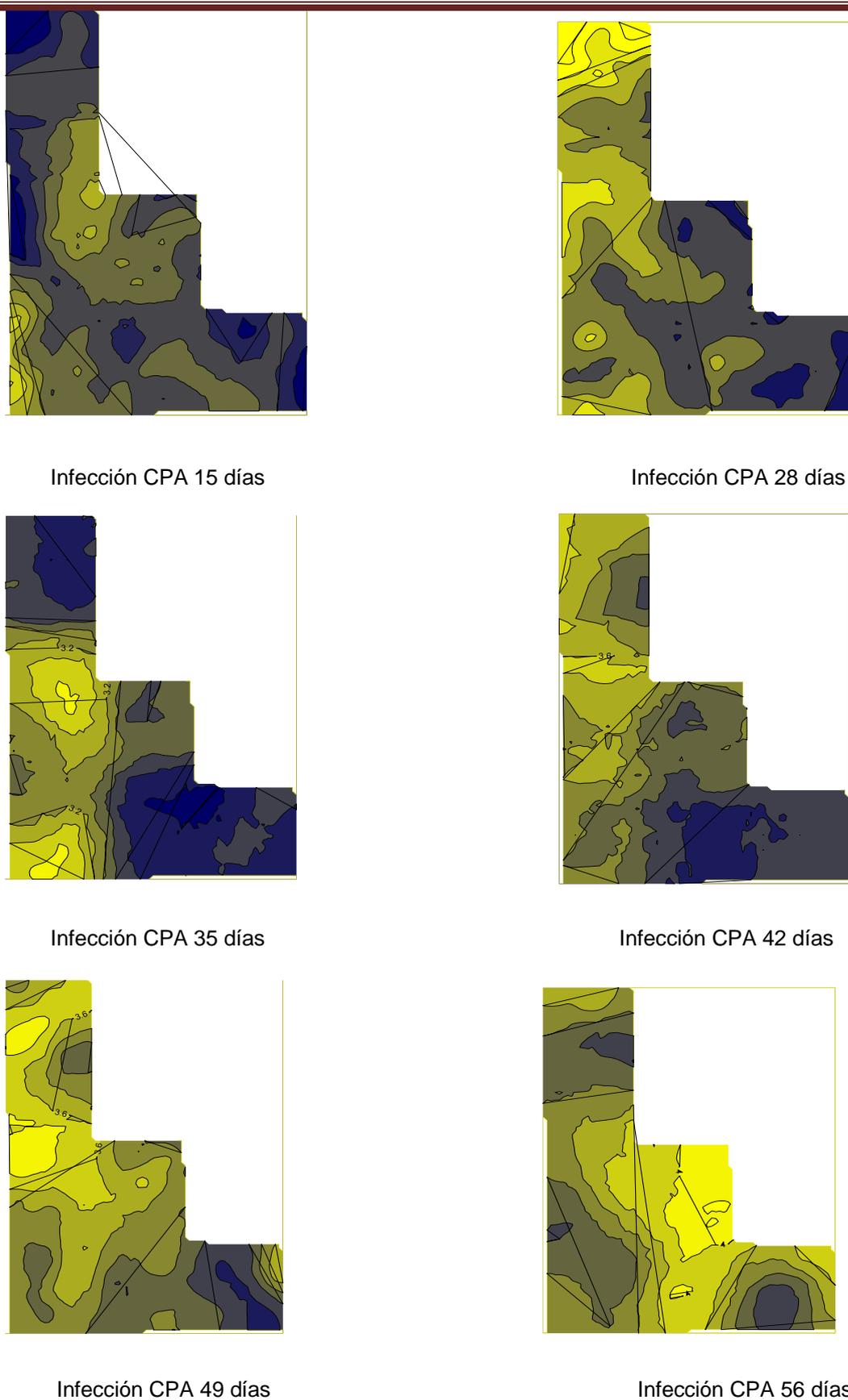


Figura 33. Mapas de densidad de *R. solani* en las áreas evaluadas de la CPA.

En las evaluaciones realizadas a los 15 días, se observa un predominio de los colores más oscuros (azul oscuro y verde intenso) en la mayor parte de los bordes de las parcelas y áreas cercanas a estos, los cuales se extienden de forma irregular hacia diferentes partes del interior de las parcelas, estos representan bajos valores de infección, también se aprecian zonas de colores verdes ligeramente oscuro y claro (valores medios de infección) que se ubican en el borde izquierdo inferior y derecho medio del área evaluada, los que experimentan una ligera expansión desigual hacia el interior y centro de esta, además se visualizan dentro y cerca de estas zonas antes mencionadas, pequeñas áreas casi imperceptibles por su poca extensión, de colores verde claro y verde amarillo que se corresponden con focos de agregación del patógeno con altos índices de infección.

Por su parte, la evaluación a los 28 días manifiesta un comportamiento diferente a la descrita anteriormente, en este caso los colores más oscuros (bajos índices de infección), presentan menor superficie y se agrupan en el borde derecho e inferior derecho del área evaluada, dispersándose de forma limitada e irregular hacia el interior de esta, mientras que los colores que representan valores medios (verde ligeramente oscuro hasta verde ligeramente claro) ocupan una mayor área y se expanden desde los bordes hacia las partes internas de las parcelas. Además se aprecian en el borde superior, izquierdo e inferior, áreas de mediano tamaño y en forma de pequeñas zonas de color verde amarillo (altos índices de infección), los que evidencian que la enfermedad se va estableciendo en pequeños puntos dentro del área evaluada y que la infección del patógeno se va intensificándose y extendiéndose desde los márgenes hacia otras parte de la parcela analizada. Por tanto, se hace necesario a partir de esta evaluación, la cual se corresponde con las fases fenológicas iniciales del cultivo (28 días de siembra), establecer en estas áreas de la CPA medidas de control fitosanitario para contrarrestar el establecimiento de focos de agregación del patógeno con altos índices de infección, así como el avance de la enfermedad a diferentes partes del campo.

El mapa correspondiente a la evaluación de los 35 días, muestra que las zonas con valores medios de infección (verde ligeramente oscuro hasta verde ligeramente claro) se extienden desde el borde izquierdo e inferior de las

parcelas y se agrupan en la parte central, donde también se observan zonas de mediano y pequeño tamaño de color verde claro y verde amarillo (altos índices de infección), mientras que los colores más oscuros que distinguen a los bajos índices de infección se concentran en la parte superior(izquierda) e inferior derecha de la superficie del área analizada, lo que demuestra que la enfermedad tiende a localizarse mayormente en la parte central del área evaluada, por lo que las medidas de manejo fitosanitario deben dirigirse hacia estas zonas en concreto, para obtener ahorros económicos y ambientales y disminuir eficientemente las poblaciones del patógeno.

En el caso de la evaluación de los 42 días se observa, que las áreas de color más oscuros (azul oscuro y verde intenso) las cuales evidencian bajos índices de infección, se aglutinan en casi toda la parte inferior derecha del área evaluada y en algunos pequeños focos que se localizan en el borde derecho y cercano a este, mientras que los colores verde ligeramente oscuro hasta verde ligeramente claro(valores medios de infección) ocupan un área extensa dentro del área analizada y son los colores que más prevalecen, lo cual posibilita el establecimiento del patógeno en casi la totalidad de la superficie investigada.

Este comportamiento puede estar determinado por diferentes causas relacionadas con la propagación del patógeno como pueden ser: la presencia de basidiosporas del hongo que son estructuras especializadas llamadas basidios sobre las cuales se producen las esporas que son transportadas por el viento, partículas de tierra contaminadas, el propio hombre, la existencia de zonas dentro del campo con mayor contenido de humedad que favorecen la presencia del patógeno, a que la semilla utilizada para la siembra no fuera de óptima calidad y su distribución en los campos no se realizará de forma uniforme, a la presencia de fuentes de solani del patógeno, así como plantas arvenses que puede ser hospederas de este organismo, localizadas dentro de la parcela, en los bordes o en zonas cercanas a estos, a la poca e inadecuada preparación del suelo, a la ocurrencia de condiciones climáticas favorables para el desarrollo del patógeno, entre otras causas relacionadas con la no ejecución de estrategias fitosanitarias de manejo integrado en fases fenológicas anteriores a está (42 días de siembra). De forma general, se comprueba que en la medida que pasan los días (fases fenológicas del cultivo)

se van intensificando los niveles de infección de este patógeno y van ocupando una mayor área dentro de la parcela evaluada.

Por su parte, en la evaluación de los 49 días se aprecia, que las zonas con colores más oscuros (azul oscuro y verde intenso) que representan bajos índices de infección disminuyen considerablemente en comparación con la evaluación anterior (42 días), concentrándose en una pequeña área en la parte inferior derecha de la parcela, la cual se extiende desde el borde inferior hacia el interior de esta, mientras que en el resto de la superficie evaluada, predominan los colores verde ligeramente oscuro a verde ligeramente claro, los cuales constituyen valores medios de infección y se extienden de forma irregular hacia distintas partes de las parcelas, reflejando una alta variabilidad en la distribución de la infección. Además, se observan en menor escala áreas de color verde amarillo (altos índices de infección) que se localizan en el borde medio izquierdo de la parcela, las cuales se van extendiendo de forma regular desde el borde hacia dentro, ocupando un área medianamente pequeña en la parte superior y central de esta.

La evaluación de los 56 días, refleja un comportamiento de la distribución espacial de *R. solani* diferente con respecto a la evaluación anterior, pues en este caso los colores más oscuros (bajos índices de infección) se observan en áreas muy pequeñas localizadas en los bordes de la parcela (izquierda, derecha e inferior), mientras que los colores que representan valores medios de infección (verde ligeramente oscuro a verde ligeramente claro) se agrupan en la parte izquierda e inferior de la parcela y se extienden hacia el interior de esta ocupando casi toda la superficie evaluada, también se destaca en el mapa de esta evaluación, que las zonas con altos índices de infección (color amarillo verdoso) las cuales muestran una expansión representativa desde los bordes hacia dentro, se localizan en la parte derecha de la parcela, a diferencia de la evaluación anterior (49 días) donde estas se ubicaron en la parte izquierda, esto nos indica, que en la medida que pasan los días de siembra se va intensificando y extendiendo la infección del patógeno hacia otras partes del campo, donde encuentra condiciones favorables para su incidencia y permanencia, siendo necesario aplicar tratamientos fitosanitarios localizados en estas zonas de altos índices de infección para evitar el avance y diseminación

de este organismo dentro del área, así como implementar de forma preventiva estrategias fitosanitarias en estas fases fenológicas finales, que aseguren un control fitosanitario eficiente de *R. solani* para contrarrestar su establecimiento y desarrollo en zonas del campo que se mantenían libre del patógeno.

De forma general, los resultados presentados revelan la existencia de una estructura de distribución espacial de *R. solani* agregada de límites irregulares, con un crecimiento infestivo acelerado del patógeno, así como una capacidad de diseminación de este organismo y una alta continuidad espacial de la enfermedad debido a su extensión hacia otras partes del campo, siempre que existan condiciones ambientales favorables. Además los mapas generados mediante la utilización de técnicas geoestadísticas muestran claramente, la existencia de zonas de alta infestación de este hongo del suelo ubicadas preferentemente en los bordes de la parcela, las cuales van avanzando hacia el interior de la misma en la medida que transcurren las fases de desarrollo del cultivo, lo que indica la necesidad de realizar aplicaciones localizadas de medidas de control fitosanitario dirigidas a estas zonas en concreto, para evitar con ello el avance de la enfermedad en el cultivo, así como su extensión hacia otras partes del área evaluada para reducir las poblaciones de este patógeno y los costos económicos y ambientales.

Es importante destacar que aunque no existan estudios similares sobre *R. solani* sobre la estructura de su distribución espacial de tipo agregada, según las bibliografías consultada en esta Tesis, que permitieran hacer mención de estos y compararlos con los resultados obtenidos en esta investigación, es posible hacer referencias de otras investigaciones realizadas por diversos autores sobre la presencia de plagas en cultivos, enfermedades y plantas parásitas, que si guardan coincidencia, entre los que se destacan: Amador, (2004) al informar que las malezas también se distribuyen de manera agregada, como resultado de la distribución de los tipos de suelo y el manejo agronómico que se lleva a cabo.

Zúñiga *et al.* (2005) señalan una distribución agregada de *Lophophora difusa* y asociación con otras especies; se encontró una disociación con *Celtis pallida* y *Myrtillocactus geometrizans*. Ramírez-Dávila *et al.* (2005) informan que las

ninfas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo presentaron una distribución espacial agregada.

Ramírez y Porcayo (2010) por medio de técnicas del análisis espacial por índices de distancia, reportaron que la infestación de *Pinnus* spp por el muérdago enano se lleva a cabo de manera agregada en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca. Ramírez *et al.* (2011) refieren una distribución espacial agregada de *Sporisorium reilianum* en maíz.

Ramírez *et al.* (2013), apreciaron una distribución de tipo agregada en las poblaciones de trips (insecta: thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* mill.) en Michoacán, México. Jiménez *et al.* (2014) también reportaron una distribución agregada de *Frankliniella occidentalis* en la modelización espacial de huevos de este trips en tomate de cascara.

Zamora *et al.* (2016), indicaron una distribución espacial agregada del trips (*Frankliniella occidentalis*) en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.).

Sánchez *et al.* (2016) indican una distribución espacial agregada de *Empoasca* spp. (Typhlocybinæ) en un campo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de Güines, Mayabeque, Cuba.

Quiñonez, *et al.* (2018) señalaron una distribución espacial de tipo agregada de la roya transversal del gladiolo (*Uromyces transversalis*) durante las etapas fenológicas de espata y floración en una nueva región del estado de México.

Por su parte, la visualización de las zonas de alta infestación por *R.solani* ubicadas preferentemente en los bordes de las parcelas evaluadas, a través de los mapas generados con la aplicación de técnicas geoestadísticas en este Tesis, coinciden con los reportados por varios autores en estudios llevados a cabo sobre insectos y nemátodos tales como: Moral García (2003), al representar gráficamente la distribución espacial de *Helicoverpa armígera*, donde se detectó la concentración preferente de la plaga en las lindes de la parcela avanzando al interior, cuando las condiciones meteorológicas se mantenían estables.

Moral García (2004), en trabajos realizados sobre técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae), mediante trampas con feromonas sexuales

en una plantación de tomate, plantea que las densidades de capturas de insectos son mayores en las lindes de la parcela, y a estas precisamente deberían dirigirse las actuaciones como la confusión sexual, o el trapeo masivo, para impedir que las mariposas del insecto se instalen y progresen hacia el interior de la parcela

Peláez *et al.* (2006), al analizar el comportamiento local de poblaciones de *Lobesia botrana* Denis y Schiffermüller (Lepidóptera: Tortricidae), señalan que la distribución de los daños del insecto en la parcela, se localizan principalmente en los bordes o zonas perimetrales sin una relación directa y clara con el número de adultos capturados.

Vera, *et al.* (2006) en trabajos sobre la variabilidad espacial de *Perkinsella saccharicida* en caña de azúcar, afirman que en el mapa de estimación obtenido se presenta un foco de alta incidencia de la plaga ubicada en la zona periférica del área de estudio; así como una alta variabilidad espacial de la plaga en esas zonas.

Bressan *et al.* (2010) en investigaciones sobre la distribución espacial y temporal de *Pentastiridius leporinus*, reportan focos de alta incidencia del insecto en los bordes de las parcelas analizadas, avanzando hacia el interior y centro de la misma.

Bonilla (2014) al realizar un estudio sobre la distribución espacial y temporal del nematodo agallador *Meloidogyne spp.*, en el Municipio de Patzicia, Guatemala, señalan que las zonas de mayor densidad de población de este organismo se localizan en las zonas limítrofes de las áreas evaluadas.

Por su parte, Maldonado *et al.* (2017) al realizar la Modelización espacial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo del aguacate, confirmaron que las poblaciones se concentraron principalmente en diferentes puntos específicos de la parcela, siendo en los lindes de la parcela donde se agruparon las mayores densidades del insecto.

Por tanto, los resultados obtenidos en esta Tesis, constituyen el primer reporte sobre la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo del frijol caupí con el uso de herramientas geoestadísticas, pues hasta ahora los estudios sobre la distribución espacial de este patógeno en los cultivos agrícolas son escasos y

no existen trabajos relacionados con esta temática que utilicen a la Geoestadística, según las extensas búsquedas bibliográficas realizadas en esta Tesis.

De esta forma, los semivariogramas experimentales obtenidos y el ajuste de estos a modelos teóricos (exponencial y gaussiano), su validación, así como los mapas generados a través del uso de técnicas geoestadísticas (krigeado) los cuales permitieron identificar los focos de infección de la enfermedad dentro del área evaluada, constituye una herramienta valiosa para el diseño y planificación de una correcta lucha contra este patógeno, ya que un tratamiento adecuado debe considerar que los niveles de infestación son mayores en los bordes de las parcelas evaluadas, por lo que en esas zonas se debe actuar más intensamente. Además, con la realización de tratamientos preferenciales en los bordes de la parcela, se impide notablemente que los focos de infección se instalen y avancen al interior de la misma.

Además, desde el punto de vista medioambiental, la realización de tratamientos localizados o preferenciales implica una menor aplicación de sustancias potencialmente contaminantes sobre la parcela considerada, reduciendo el riesgo de contaminación de las aguas superficiales o de las subterráneas, también supone un ahorro para los productores, al consumirse una cantidad menor de productos y una necesidad menor en el uso de las máquinas agrícolas para la realización de los tratamientos.

Sin embargo, es importante considerar que, independientemente de los resultados detallados anteriormente sobre la estructura de la distribución espacial de *R. solani* y la determinación de los focos de alta infestación de este organismo dentro de las áreas objetos de estudios, resulta de gran interés conocer los factores abióticos que determinan, generan y mantienen la estructura de su distribución espacial.

Por lo que, investigar de qué forma estos factores interactúan y controlan está, ayudaría a explicar de forma más profunda dicha estructura a lo largo de gradientes ambientales, además permitiría anticipar sus trayectorias futuras en correspondencia con la ocurrencia y los rangos registrados de estos factores,

para generar un conocimiento más específico y detallado del organismo investigado y lograr una gestión más eficiente de su control fitosanitario.

4.3.1. Gradiente ambiental de *R. solani*

El análisis del gradiente ambiental responde a la pregunta: ¿qué causas hacen variar la distribución espacial de una especie? (Palmer, 1994), la que es respondida de varias formas por distintos autores: la fertilidad del suelo (Roberts y Wuest, 1999), humedad e intensidad de la luz (Zamora *et al.*, 2001), temperatura (Carrión *et al.*, 2003), acidez del suelo (Marañón *et al.*, 2004), humedad del suelo (Silvertown, 2004), vegetación (Gómez-Aparicio, 2005), insolación, altitud y pedregosidad (Quilchano *et al.*, 2008), entre otros. La detección del gradiente implica necesariamente, el registro de variables bióticas y abióticas que tipifiquen e influyan en el sistema ecológico en estudio, la propia definición de ecosistema implica la acción de múltiples variables en un mismo espacio y tiempo, las comunidades dentro del ecosistema, además las interacciones de las especies con múltiples factores que conforman las poblaciones, dependen de varios factores físicos, químicos, climáticos, edáficos etc.

En la actualidad la creciente disponibilidad de observaciones sobre la distribución espacial de una especie, el acceso a información ambiental, agrotécnica y de otro tipo proveniente de muestreos sistemáticos, así como el desarrollo de métodos estadísticos con el creciente aumento de la capacidad computacional, han generado en las últimas décadas nuevas oportunidades para explorar y profundizar sobre la estructura de la distribución espacial de una especie a lo largo de gradientes ambientales (Guisan y Zimmermann, 2000; Guisan y Thuiller, 2005).

En el estudio, para analizar el gradiente ambiental de *R. solani*, se utilizó un análisis factorial de correspondencia múltiple, el cual es un método apropiado para observar la dirección de la correlación entre los grupos de variables ambientales y otras con grupos de especies, opinión que se comparte con autores como Mccune *et al.* (2016). Ese método es empleado con similares propósitos por varios investigadores entre los que se destacan, Rodríguez *et al.* (2005) en el estudio de las comunidades de plantas herbáceas en interacción

con los numerosos factores que determinan su distribución vertical, espacial y reportan nuevas relaciones entre la ordenación de las especies y las propiedades físicas y químicas de los suelos, los factores topográficos, climáticos y otros presentes en el agroecosistema.

Hullé *et al.* (2006), lo utilizan en los análisis de áfidos alados y sus relaciones con variables abióticas indicadores ecológicos de la comunidad de insectos fotofílicos y más reciente González (2007) bajo las condiciones de Cuba, lo aplica en el estudio de indicadores ecológicos y otros, de la comunidad de insectos fotofílicos presente en un agroecosistema cañero.

En el caso que nos ocupa, en la Figura 34 se muestra el mapa perceptual resultante del análisis factorial de correspondencia múltiple empleado en el estudio. Se obtiene una representación multivariante de interdependencia de datos de clases y se logra una reducción dimensional conjuntamente con un mapa perceptual.

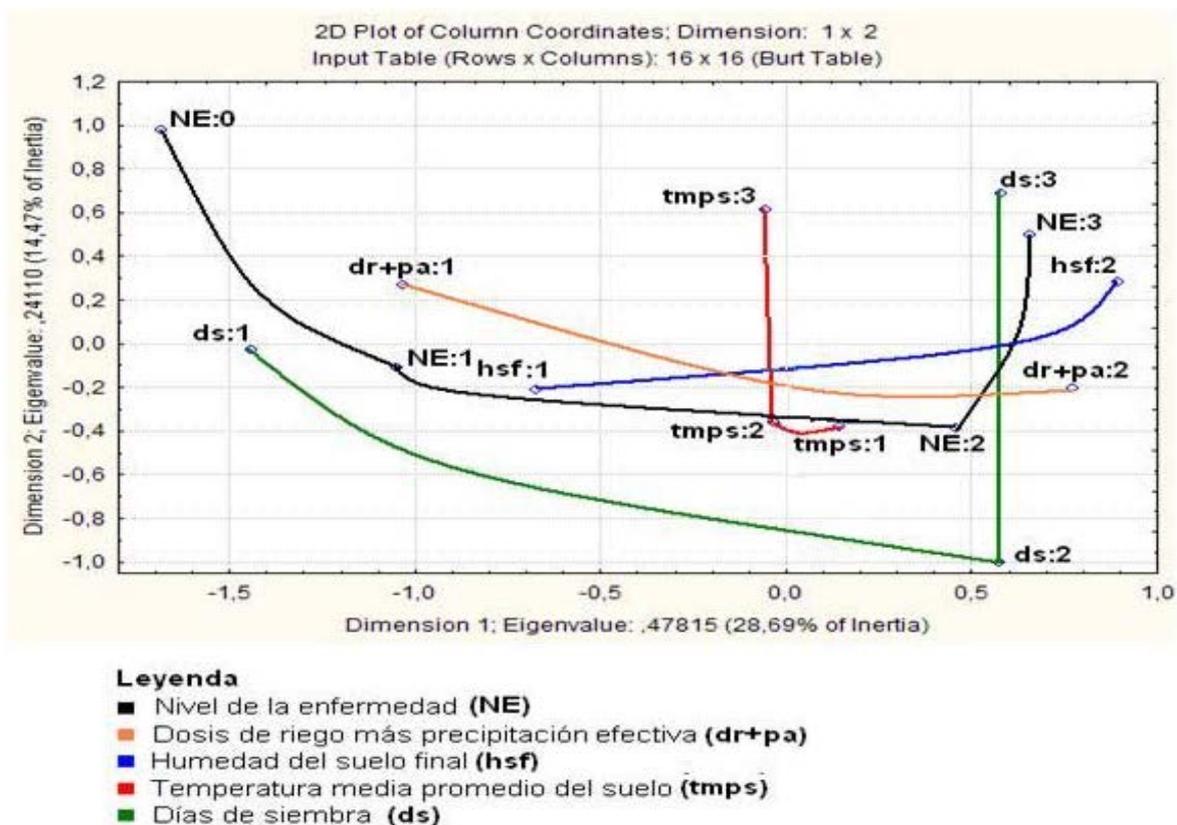


Figura 34: Mapa perceptual resultante del análisis factorial de correspondencia múltiple empleado en el estudio.

Tabla 30. Column Coordinates and Contributions to Inertia. Input Table (Rows x Columns): 16 x 16 (Burt Table)

	Row	Coordin Dim 1	Coordin Dim 2	Mass	Quality	Relative	Inertia Dim 1	Cosine ² Dim 1	Inertia Dim 2	Cosine ² Dim 2
NE: 0	1	-1,68572	0,97576	0,00463	0,10839	0,09722	0,027514	0,08119	0,01828	0,02720
NE: 1	2	-1,04780	-0,10815	0,05092	0,48821	0,06944	0,116930	0,48306	0,00247	0,00514
NE: 2	3	0,46110	-0,38737	0,06117	0,21032	0,06329	0,027202	0,12330	0,03807	0,08702
NE: 3	4	0,65999	0,49444	0,04993	0,29090	0,07004	0,045488	0,18632	0,05063	0,10457
hsf: 1	5	-0,67334	-0,21195	0,09523	0,66442	0,04285	0,090305	0,60451	0,01774	0,05990
hsf: 2	6	0,89779	0,28261	0,07142	0,66442	0,05714	0,120407	0,60451	0,02366	0,05990
dr+pa:1	7	-1,03420	0,26985	0,07142	0,85679	0,05714	0,159777	0,80218	0,02157	0,05461
dr+pa: 2	8	0,77565	-0,20238	0,09523	0,85679	0,04285	0,119833	0,80218	0,01618	0,05461
ds: 1	9	-1,44321	-0,02703	0,04761	0,83343	0,07142	0,207430	0,83314	0,00014	0,00029
ds: 2	10	0,57378	-0,99974	0,04761	0,53148	0,07142	0,032787	0,13169	0,19740	0,39979
ds: 3	11	0,57962	0,68452	0,07142	0,60339	0,05714	0,050187	0,25196	0,13881	0,35142
tmps: 1	12	0,14386	-0,37761	0,03769	0,04773	0,07738	0,001632	0,00604	0,02229	0,14168
tmps: 2	13	-0,00075	-0,78615	0,07142	0,46352	0,05714	0,000000	0,00000	0,18310	0,46352
tmps: 3	14	0,00057	0,58961	0,09523	0,46352	0,04285	0,000000	0,00000	0,13732	0,46352

Number Of Dims.	Singular Values	Eigen- Values	Perc. Of Inertia	Cumululativ Percent	Chi Square
1	0,691487	0,478154	28,68926	28,6893	2249,220
2	0,491021	0,241102	14,46610	43,1554	1134,133

En este caso la clasificación del nivel de incidencia del patógeno con clases de la variable temporal y algunas variables abióticas referidas al clima, las fases fenológicas (días de siembra del cultivo) y otras de interés, a partir de la Tabla de Burt de 16 x 16 (Tabla 30) con una inercia total de 1,6667 que lo hace válido.

En dos dimensiones se explica el 43,2% de la varianza total donde las clases del nivel de incidencia de *R. solani* hace un arco que recorre el centro del mapa perceptual permitiendo que se distinga las interdependencia de las variables. La primera dimensión está mayormente explicada por dosis de riego + precipitación efectiva (dr+pa), la humedad del suelo final (hsf) y los días de siembra (ds) para las primeras fases del cultivo, mientras que los días de

siembra para las fases fenológica finales y la temperatura media promedio del suelo (tmps) explican la segunda dimensión (Tabla 30).

Además, es importante mencionar, que los niveles de incidencia del patógeno con las variables que explican la primera dimensión que son las que más favorecen la enfermedad, permiten conocer la estrecha relación que se establece entre estas y el organismo evaluado.

Así tenemos, que para el caso de la dosis de riego conjuntamente con la precipitación efectiva ó lluvia aprovechable (dr+pa), variables que fueron evaluadas en el estudio por estar relacionadas con la humedad del suelo, ambas constituyen ingresos de agua en el suelo para ser utilizados por el sistema radicular de las plantas en las capas ocupadas por este (capa activa), proporcionando a su vez un contenido de humedad en los suelos que puede favorecer el desarrollo de hongos patógenos como *R. solani*.

En los anexos 4 y 5 de este Tesis, se muestran los valores totales de las variables relacionadas con la humedad del suelo en cada muestreo, hectárea y entidad evaluada, donde en el caso de la dosis de riego más precipitación efectiva ó lluvia aprovechable (dr+pa) se aprecia, que el comportamiento de esta variable fue relativamente similar en las entidades analizadas, con valores obtenidos en ambas entre 0.20 - 39.50 mm , los cuales pueden considerarse bajos. En el caso de la Granja Estatal, los valores más representativos fueron alcanzados en las evaluaciones realizadas a los 15 y 42 días de establecido el cultivo para todas las hectáreas evaluadas, mientras que en la CPA los registrados a los 42 y 56 días para todos los casos fueron los de mayor valor.

Estos resultados nos indican, la estrecha relación que se existe entre la variable analizada, la enfermedad y la fenología del cultivo que es otra de las variables de influencia directa sobre el desarrollo del patógeno, pues precisamente en las etapas fenológicas donde se alcanzaron los mayores valores de dosis de riego más precipitación efectiva ó lluvia aprovechable (dr+pa) en ambas entidades fueron en el estudio las de mayor incidencia del patógeno y además coinciden con las reportadas por numerosos autores como las de mayor presencia y afectación de este patógeno del suelo.

Así tenemos, que Agrios (2005); ICA (2009); Pupo *et al.* (2013); López *et al.* (2016) señalan, que en las etapas iniciales del cultivo es donde se presentan las mayores afectaciones producidas por los hongos del suelo y específicamente por *R. solani*.

Por su parte, Muyolo *et al.* (2006); Milán *et al.* (2012) y López *et al.* (2014) indican, que en las fases fenológicas finales del cultivo es donde se observan serias afectaciones provocadas por este patógeno, fundamentalmente en los períodos de floración - fructificación.

Además, desde el punto de vista epidemiológico, la propagación de este organismo en los campos de cultivo y otras áreas puede llevarse a cabo por erosión hídrica, a través de las aguas de drenajes propiciadas por las lluvias y por el riego.

Con relación a lo anterior, Castro y Rivillas (2005) plantean, que el riego y el agua de lluvia así como los órganos de propagación infectados, son medios de diseminación de *R. solani* en los campos de cultivo.

Henderson (2010) señala, que las altas cantidades de agua en los suelos añadidas por la lluvia y el riego pueden crear áreas en el campo donde el drenaje puede ser deficiente, lo que favorece la pudrición de raíces y la infección por hongos del suelo principalmente por *R. solani*, que se encuentra en la parte superior de 4 pulgadas de la capa de la tierra.

Domínguez *et al.* (2012) refiere que, en algunas zonas de cultivo con sistemas de riego establecidos, la presencia de las lluvias favorece la acumulación de sedimentos en la base de los brotes de las plantas, así como los volúmenes de agua en los suelos, para la incidencia y permanencia de *R. solani* por largos períodos de tiempo.

La humedad del suelo final (hsf) como otra variable abiótica que ejerce influencia directa con el nivel de incidencia del patógeno, la misma está estrechamente relacionada con el riego a los cultivos y las lluvias aprovechables o precipitación efectiva, pues en la medida que exista un incremento del riego y la precipitación efectiva, se incrementará la humedad final de los suelos. Varios autores señalan que está constituye un factor determinante para la incidencia de los hongos del suelo en los que *R. solani*

tiene un papel predominante (Domínguez, 2012). Asimismo, es importante señalar que para el cálculo de la humedad final de los suelos mediante la ecuación de balance hídrico ambos elementos (dosis de riego + precipitación efectiva) son necesarios.

En los Anexos 4 y 5 aparecen los valores registrados de esta variable, por estar relacionada también con la humedad del suelo, donde se aprecia que estos están por encima de 80mm para todos los casos, encontrándose valores relativamente altos de hasta 155.94 mm en la Granja Estatal y de 134.50 mm en la CPA. Además, se percibe que en las evaluaciones correspondientes a los 15 días y a los 42 días de sembrado el cultivo es donde se concentran los registros más altos de humedad final del suelo para ambas entidades, lo cual coincide con las evaluaciones que en la variable anterior también resultaron ser las más representativas, existiendo una estrecha relación con la variable dosis de riego más precipitación efectiva, la fenología del cultivo y la enfermedad.

Wharton *et al.* (2007) señalan, que en los campos de cultivo la humedad final del suelo está muy relacionada con las precipitaciones caídas, el riego a los cultivos, el nivel de humedad presente en estos, lo cual impacta directamente en la aparición de enfermedades radiculares y otros organismos patógenos que habitan los suelos, así como en el desarrollo de las etapas fenológicas del cultivo.

Garrido (2009) observó, que los porcentajes de incidencia de las enfermedades radiculares principalmente las ocasionadas por *R. solani* se incrementaron con respecto a una campaña normal, siendo favorecidas estas por una mayor humedad final del suelo, ocasionadas por las constantes lluvias, el riego, un mal drenaje y la mala nivelación de los campos.

Gómez *et al.* (2012) señalan, que la humedad final del suelo resultante de las precipitaciones caídas y el riego es un factor determinante para el incremento de la incidencia y severidad de *R. solani* en el cultivo del frijol caupí y que las salpicaduras producidas por las lluvias y el riego son vías de diseminación de la enfermedad.

Con respecto a los días de siembra (ds) en las primeras fases del cultivo, que también muestran relación directa con respecto al nivel de incidencia de *R.*

solani en el estudio, diferentes autores destacan que en estas fases iniciales del cultivo es donde se presentan las mayores afectaciones producidas por los hongos del suelo y específicamente por este patógeno, debido a que la semilla invadida tiene baja germinación y las pocas plántulas que logran germinar, aparecen con lesiones en diferentes tejidos presentando alta mortalidad durante el período inicial de su desarrollo, siendo este un daño de importancia que en condiciones de campo afecta la densidad poblacional de los cultivos comprometiendo la producción (Dillard *et al.*, 1997; Gálvez *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2006 y Shama *et al.*, 2008).

Agrios (2005) plantea, que en las primeras fases fenológicas del cultivo es donde ocurren las mayores afectaciones producidas por *R. solani*, debido a su permanencia por largos períodos en los suelos, la humedad que requiere el cultivo en esta etapa la cual favorece su presencia y por la semilla utilizada para la siembra que puede estar infestada por este organismo.

ICA (2009) indica, que en las etapas iniciales del cultivo es donde se presentan las mayores afectaciones producidas por los hongos del suelo, debido a la fragilidad que posee el sistema radicular de las plántulas que logran germinar, lo que las hace susceptible a la presencia del inóculo de *R. solani* determinado por su habilidad saprofítica y patogénica.

Pupo *et al.* (2013), al estudiar la incidencia de *R. solani* y otros hongos del suelo en diferentes líneas de frijol común y caupí (*P. vulgaris* y *V. unguiculata*) indicaron que el ataque de este hongo fue mayor al inicio del cultivo, pues el 35% de las semillas no germinaron y el 22% de las plántulas que emergieron murieron entre 4-5 días después de la germinación, lo cual influyó decisivamente en la densidad poblacional del cultivo.

Sin embargo, es importante destacar, que esta variable es de gran importancia en el estudio al encontrarse en ambas dimensiones, pues los días de siembra para las fases fenológicas finales del cultivo también son mediadoras del proceso de infección provocado por *R. solani*. Varios estudios referidos a la influencia de la fenología del cultivo sobre el comportamiento de *R. solani* señalan, que a diferencia de las etapas iniciales, también en las fases

fenológicas finales del cultivo se observan serias afectaciones provocadas por este patógeno, lo cual no se aleja de los resultados obtenidos.

Hepperly (2001), en estudios sobre el Tizón de telaraña (Web Blight) provocado por *R. solani* observó, que los síntomas comenzaron antes del estado de formación de vainas y el número de focos de la enfermedad se incrementó en tamaño y cantidad con el incremento de la maduración del cultivo, específicamente hubo un incremento notable entre el estado (R₇) comienzo de la maduración de las vainas y el estado (R₈) maduración total de las vainas listas para la cosecha.

Short *et al.* (2004) afirman, que en la medida que aumenta el ciclo del cultivo fundamentalmente en los períodos de floración –fructificación, comienza la senescencia natural del tejido de las plantas contribuyendo a una mayor aparición de esclerocios producidos por *R. solani*, a partir del micelio que ha permanecido invadiendo el tejido cortical, siendo en este período donde se inician las mayores afectaciones al cultivo.

Michel (2005) señala, que este hongo es capaz de atacar un amplio rango de plantas de importancia económica bajo diferentes épocas del año que su ataque se acentúa en la medida que avanza el ciclo del cultivo, observándose sus mayores afectaciones a partir de la etapa de floración - formación de vainas.

Muyolo *et al.* (2006), en trabajos realizados en Ohio y Zaire observan un aumento progresivo de las poblaciones de *R. solani* en el suelo con la consiguiente infección al cultivo, en la medida que avanza el ciclo del cultivo, dado a la permanencia de este hongo en el suelo, su presencia en la semilla lo cual contribuye a la diseminación de la enfermedad, a condiciones favorables para su desarrollo y al poco manejo del cultivo.

Milán *et al.* (2012), en trabajos realizados sobre la incidencia y la distribución de *M. phaseolina* en condiciones de producción en la Provincia de Holguín obtienen resultados similares a los nuestros, señalando que a partir de los 40 días de establecido el cultivo comenzaron a registrarse altas poblaciones de este hongo y *R. solani* en todas las áreas evaluadas, lo cual tuvo una influencia negativa en los rendimientos del cultivo.

En el caso de la temperatura media promedio del suelo (tmps), la cual en un primer momento no se nota su relación directa con la enfermedad al estar ubicada en la segunda dimensión, varios autores destacan que este es un factor de gran influencia para el desarrollo de este organismo, por lo que es importante señalar que en el estudio, la siembra del cultivo se efectuó en el mes de abril y se cosechó en el mes de junio correspondiente a la época primaveral, donde las temperaturas medias promedios del suelo oscilaron entre 30 -35°C (Anexo 1), las cuales fueron usualmente suficientes para su presencia en el cultivo, pero no óptimas para su completo desarrollo.

Garrido (2009) señala, que *R. solani* ve favorecido su aparición en los cultivos con temperaturas medias del suelo entre 25 a 30 °C, aunque el óptimo de temperatura media del suelo para su completo desarrollo es de 23 °C, no obstante, se mantiene en el suelo como esclerocios o como micelio en residuos de cosecha.

Navarrete *et al.* (2009) en trabajos desarrollados sobre la epidemiología de *R. solani*, dan a conocer que este patógeno necesita de condiciones ambientales favorables para su manifestación en los cultivos, con temperaturas medias del suelo entre 22 a 28 °C y alta humedad, lo cual puede retrasar y disminuir el desarrollo de las plantas, con reducción de hasta 53% en el rendimiento.

Por su parte, Villa *et al.* (2009) afirman, que *R. solani* puede desarrollarse a diferentes temperaturas del suelo que se ubican en un rango de 12 a 30 °C, sin embargo, es importante considerar que la temperatura media óptima del suelo para que se produzca la enfermedad está en el rango de 23 - 28°C.

Domínguez (2012) plantea, que la enfermedad producida por *R. solani* en varios cultivos se desarrolla a temperaturas medias óptimas del suelo entre 20 a 28 °C y con humedad en el suelo de moderada a alta.

Estos resultados, anteriormente expuestos no tienen precedentes, pues nunca antes se había informado sobre la influencia que ejercen factores abióticos como las precipitaciones efectivas ó lluvias ó aprovechables más las dosis de riego, la humedad final del suelo, así como la fenología del cultivo en sus etapas finales sobre el nivel de incidencia de *R. solani*, así como sobre su distribución espacial en el cultivo del frijol caupí en Cuba, ya que usualmente los

estudios sobre este patógeno han estado encaminados a describir la incidencia de sus poblaciones durante las distintas fases fenológicas del cultivo siendo mayormente en las etapas iniciales donde se obtienen los mayores valores y de los factores climáticos la temperatura del suelo y la humedad del suelo como los de mayor influencia en su comportamiento.

Por tanto, el análisis del gradiente ambiental realizado amplía los conocimientos sobre otras variables abióticas presentes en el agroecosistema que pueden hacer cambiar la incidencia del patógeno y la estructura de su distribución temporal y espacial en el área evaluada, siendo de gran importancia su aplicación en los estudios de esta patología y otras presentes en los suelos de diferentes cultivos agrícolas. Además, por los resultados aportados en el presente estudio, se considera que el análisis del gradiente ambiental debe formar parte de la metodología que se propone.

No obstante, para seguir aportando nuevos elementos sobre el gradiente ambiental analizado, valoraremos la concurrencia de la especie a todo lo largo de su intervalo.

4.3.1.1. Concurrencia de la especie *R. solani* a través del gradiente ambiental

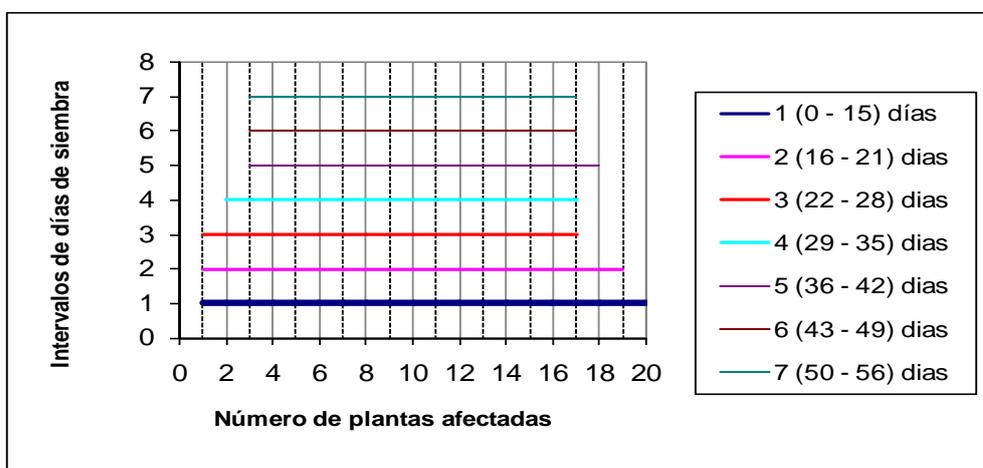
La estructura de una especie a través del gradiente ambiental se hace tomando como referencia el número de población de la especie en cuestión concurrente a lo largo del gradiente unidireccional. Myklestad (2003) y Manly (2005) opinan que el análisis de la concurrencia de una determinada especie a través del gradiente ambiental, nos lleva directamente al entendimiento de la interacción entre la especie y los factores abióticos y que sus resultados aportan importantes elementos al conocimiento de la especie en cuestión.

En la investigación el gradiente ambiental de *R. solani*, es definido por la dosis de riego + precipitación efectiva ($dr+pa$), la humedad del suelo final (hsf), los días de siembra iniciales y finales (ds), así como por la temperatura promedio del suelo ($tmps$), los cuales muestran relaciones positivas con el patógeno. En la Figura 35 a, b c, d, se muestran los rangos de concurrencia de *R. solani*

representado por el número de plantas afectadas para cada factor abiótico anteriormente mencionado, cuyos resultados se exponen a continuación.

En la Figura 35 a, se aprecia que *R. solani* concurre en todos los intervalos del rango observado para los días de siembra (ds), siendo la mayor concurrencia del patógeno en los intervalos 1 y 2 (15 y 16 – 21 días de siembra), con un número de plantas afectadas de 1 - 20 y de 1 - 19 respectivamente, coincidiendo con las etapas iniciales del cultivo, las cuales son de gran importancia para su posterior desarrollo.

a) Días de siembra



También se aprecia, que la concurrencia del patógeno en los intervalos 3 y 4 (22 - 28 y 29 - 35 días de siembra) correspondientes ambos con el inicio de la floración son representativos, al obtenerse de 1 - 17 plantas afectadas, mientras que el intervalo 5 (36 - 42 días de siembra) el cual representa la etapa de floración, muestra también valores significativos de 3 - 18 plantas afectadas, siendo esta fase del cultivo de gran relevancia pues de ella depende las etapas de fructificación o formación de vainas, en los restantes intervalos 6 y 7 (43 - 49 y 50 - 56 días de siembra), pertenecientes a las etapas de formación y llenado de las vainas que son las que determinan los rendimientos del cultivo, los valores obtenidos evidencian un número de plantas afectadas de 3 - 17, los cuales pueden catalogarse relativamente altos para estas días de siembra o fases fenológicas finales del cultivo.

En resumen, podemos decir que los días de siembra es un factor abiótico de gran influencia para el comportamiento de *R. solani*, al observarse la presencia

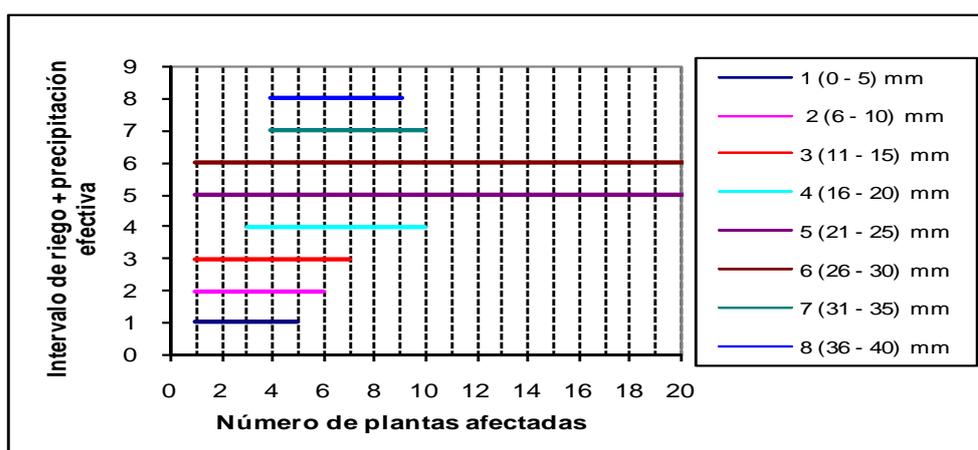
del patógeno en todo el rango observado de esta variable y además por que sus más altas concurrencias fueron en las etapas iniciales del cultivo que son las que definen el crecimiento vegetativo y reproductivo de este.

Varios autores reseñados anteriormente, tales como Dillard *et al.* (1997), Gálvez *et al.* (2001), Díaz *et al.* (2006), Agrios (2005), Shama *et al.* (2008) y ICA (2009), logran resultados similares a los obtenidos en el estudio, al observar la incidencia de *R. solani* en todas las fases fenológicas del cultivo y principalmente en las fases iniciales del cultivo, lo cual afecta en gran medida su buen crecimiento y desarrollo, así como la obtención de altos rendimientos.

Además, López *et al.* (2014) señalan, que en la provincia de Holguín específicamente en las zonas del Municipio Gibara, se ha comprobado el incremento de distintos microorganismos del suelo donde *R. solani* y *M. phaseolina* tienen un papel predominante, afectando los cultivos del frijol común (*P. vulgaris*) y el frijol caupí (*V. unguiculata*) en cualquier etapa de su desarrollo, siendo los mayores niveles de Incidencia de estos patógenos en las fases fenológicas iniciales de ambos cultivos.

Por su parte, en la Figura 35 b se exponen la dosis de riego + precipitación efectiva (dr+pa).

b) Dosis de riego + precipitación efectiva



Se observa, cierta restricción de esta variable a la presencia de la especie en todo su gradiente, debido a que el número de plantas afectadas en casi todos los intervalos del rango observado fueron relativamente bajos, a excepción de los intervalos 5 y 6 que representan de 20 - 25 y de 26 -30 mm, en los que se

observan las mayores concurrencias de *R. solani* con un número de plantas afectadas de 1- 20.

En los Anexos 4 y 5, se muestran los valores de esta variable en ambas entidades, los cuales fueron bajos en su totalidad, tal y como fue explicado en el epígrafe 4.3.1, solo en las evaluaciones realizadas a los 15, 42 y 56 días fue donde se obtuvieron algunos valores (21 - 24 mm) que están dentro de los rangos previstos en los intervalos 5 y 6 que fueron los del mayor número de plantas afectadas, sin embargo, otros valores con cifras más altas de dosis de riego + precipitación efectiva (dr+pa) registrados en las evaluaciones antes mencionadas, los cuales se encuentran dentro de los rangos que forman parte de los intervalos 6 y 7 alcanzaron un número de plantas afectadas bajo, lo cual indica que la cantidad de humedad presente en el suelo suministrada por las dosis de riegos más las lluvias o precipitación efectiva, cuyos valores estén entre los rangos de 21 - 30 mm favorecen en gran medida la presencia y el desarrollo de *R. solani* en el cultivo.

Perdomo *et al.* (2014) señalan, que en la literatura científica del frijol caupí se plantea, que a este cultivo deben aplicársele durante su ciclo vegetativo entre 300 y 400 mm de agua o complementarse esta cifra con láminas de riego, a partir de similares ingresos por lluvia, pero en nuestro caso los aportes por lluvias fueron escasos ya que solo se contabilizaron 217 mm en todo el ciclo del cultivo, razón por la cual se empleó un riego de subsistencia debido a la baja disponibilidad de la fuente de agua, que consistió en la aplicación de 7 riegos con dosis parciales que fluctuaron entre 20 – 50 mm a una profundidad de 0, 30 m desde la germinación hasta la floración y 0,40 m desde la floración en adelante, priorizándose los períodos críticos del cultivo de mayor demanda de agua en las fases de desarrollo vegetativo y media, tal y como aparece descrito en el capítulo de materiales y métodos en los epígrafes 3.3.1. y 3.3.2 (atenciones culturales al cultivo) de este trabajo y coincide con lo planteado por autores como Chaveco (2005); Pavani (2009) y Rodríguez (2011).

Asimismo, es importante destacar, que además del riego utilizado para suplementar las necesidades hídricas del cultivo, existieron otros factores que pudieron ejercer cierta influencia en los resultados obtenidos tales como: el tipo de suelo donde se llevo a cabo el estudio, el cual posee características vérticas

según Hernández (2015), el sistema radicular del cultivo del caupí que se distingue por ser muy bien desarrollado y de crecimiento rápido, compuesto de una raíz principal pivotante provista de raíces secundarias situadas en la parte superior muy cerca de la superficie del suelo, así como el desarrollo del área foliar del cultivo fundamentalmente en las etapas finales, que posibilita una mayor superficie de sombreado y, por ende, una disminución del proceso de evaporación del suelo.

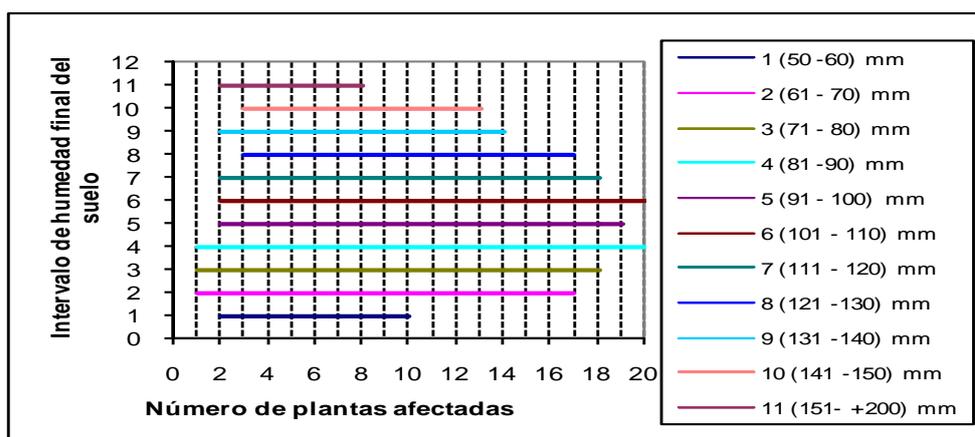
Por tanto, cualquier suministro de agua ya sea por riego o por lluvia que sea introducido en el suelo hasta la capa activa, va hacer utilizado por este sistema radicular favoreciéndose en gran medida el cultivo y las condiciones de humedad del suelo, como ambiente propicio para la presencia del patógeno según lo expresado por varios autores y en este caso parece ser, que los intervalos de dosis de riego + precipitación efectiva con valores 20 – 25 y de 26 – 30 mm suministrados al cultivo fueron suficientes para lograr la mayor incidencia de *R. solani*.

Henderson (2010) afirma, que *R. solani* se encuentra en la parte superior de 4 pulgadas (10 cm) de la capa de la tierra usualmente ausente más abajo en el perfil del suelo, por lo que la humedad del suelo presente en esta área es suficiente para la incidencia y sobrevivencia de este patógeno en los cultivos.

Mientras que Domínguez *et al.* (2012) refieren, que en algunos cultivos cuyos aportes por la lluvia son escasos y se aplican riegos en diferentes etapas de su desarrollo se ha observado, niveles de humedad del suelo que favorecen la presencia y permanencia de *R. solani* por largos períodos de tiempo, fundamentalmente en las fases de mayor demanda de agua del cultivo.

En el caso de la humedad del suelo final (hfs), la cual se muestra en la Figura 35 c se observa, la concurrencia del patógeno en todo el rango observado, siendo sus menores concurrencias en los intervalos 1 (50 - 60 mm) y el 11 (151 - +200mm) que representan los valores extremos para esta variable con un número de plantas afectadas de 2 - 10. A partir del intervalo 2 (61 - 70 mm) se nota un incremento de la concurrencia del patógeno hasta el intervalo 6 (101-110 mm), desde donde comienza un decrecimiento de la presencia de este organismo.

c) Humedad del suelo final



De forma general, los intervalos de humedad final del suelo donde se evidenciaron las mayores concurrencias del patógeno fueron: el 4, 5 y 6 (81 – 90, 91 - 100 y 101 - 110 mm), en los que el número de plantas afectadas fue de 1 - 20, seguidos por los intervalos 7 y 8 (111 - 120 ; 121 - 130mm) con un número de plantas afectadas de 2-18 y 3-17 respectivamente, mientras que en los intervalos 9 y 10 (131-140, 141-150 mm) los valores obtenidos fueron relativamente bajos en comparación con los anteriores con un número de 2-14 y de 3-13 plantas afectadas.

En los Anexos 4 y 5, aparecen los valores obtenidos de esta variable durante el desarrollo del estudio, donde en ambas entidades estos superan valores de 80mm para todos los casos, los cuales pueden considerarse valores de humedad final del suelo relativamente altos, que propician condiciones favorables para el buen desarrollo del cultivo y el patógeno, que en este último se ve evidenciado en que existe poca restricción de este factor a la presencia de *R.solani* a lo largo de todo su intervalo y en el número de plantas afectadas que es representativo para todos los casos evaluados, a excepción de aquellos que superan los 130mm donde el número de plantas afectadas es inferior.

Estos resultados demuestran, que tanto los bajos niveles de humedad del suelo como los extremadamente altos, no son propicios para el desarrollo del patógeno, aunque también se puede analizar que en la medida que el suelo alcanza humedades de bajos a altos porcentos, el patógeno encuentra condiciones favorables para su establecimiento y desarrollo, hasta alcanzar una humedad límite, en la cual sus poblaciones comienzan a decrecer y es

donde se observa para este caso la menor cantidad de plantas afectadas. Con respecto a esto se puede deducir, que la humedad del suelo final con valores inferiores a 60 mm y superiores a 130 mm, tienden a disminuir la presencia de *R. solani* en el cultivo, bajo estas condiciones.

Guzmán *et al.* (2004), al estudiar la distribución espacial de la pudrición del frijol (*P. vulgaris* L.) por *F. solani* señalan, que este hongo y otros hongos del suelo que crecen en diferentes sustratos orgánicos y en condiciones naturales necesitan valores de humedad final de los suelos de 95 - 100 mm, como resultados de precipitaciones caídas entre 40 - 42 mm semanales.

López *et al.* (2005), al estudiar el efecto de la humedad del suelo sobre la actividad patogénica de *R. solani* en el cultivo del frijol caupí (*V. unguiculata*), obtuvieron los más altos porcentajes del patógeno en las variantes de mayor humedad final del suelo con valores de 90 - 120 mm.

Wharton *et al.* (2007), en investigaciones llevadas a cabo en varias zonas de E.U. y Puerto Rico sobre la epidemiología de *R. solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) indican que las áreas donde las precipitaciones eran de aproximadamente 100- 200 mm semanales, se presentaban daños serios en las plantaciones que repercutían en los rendimientos del cultivo, debido al alto contenido de humedad en los suelos próximos a la saturación.

Castellanos *et al.* (2008) señalan, que la humedad del suelo final constituye un factor determinante para la actividad biológica de *R. solani*, cuando esta alcanza valores próximos a la saturación favorece el proceso infeccioso, no así cuando estos son muy bajos o demasiados elevados.

García *et al.* (2008) reportan, que en los suelos que presentan algún contenido de arcilla, donde el drenaje no es adecuado, la humedad del suelo final tiene una influencia directa en la sobrevivencia y en el desarrollo de *R. solani* y otros hongos del suelo, ya que el contenido de humedad puede encontrarse entre 95-100% que conjuntamente con las altas temperaturas, estimulan la multiplicación y permanencia de *R. solani* en correspondencia con otros tipos de suelos.

Rodríguez (2009), observó en experimentos llevados a cabo para evaluar el comportamiento de líneas de frijol caupí y la permanencia e incidencia de *R.*

solani *S. rolfsii* y otros hongos del suelo, que en la medida que se aumentaba la humedad del suelo a valores muy elevados, el crecimiento de estos hongos se reducían y que por tanto al aumentar mucho la humedad y decrecer los niveles de oxígeno en el suelo, se favorecen los organismos antagónicos que inhiben en gran medida el desarrollo y permanencia de estos patógenos del suelo.

Por otro lado, en la Figura 35 d aparece la temperatura media promedio del suelo (tmps), la cual constituye un factor de gran influencia para el desarrollo del patógeno en correspondencia con lo planteado en la literatura científica relacionada con el tema.

d) Temperatura media promedio del suelo

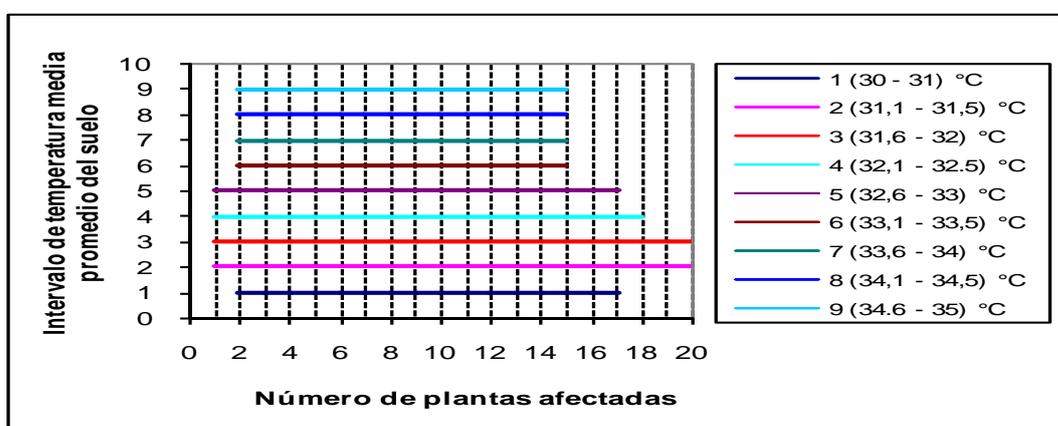


Figura 35 a, b c, d. Concurrencia de *R. solani* por cada factor abiótico de mayor influencia sobre su distribución espacial.

Se observa que esta no pareció ser un factor limitante para la concurrencia de *R. solani* por los amplios rangos en que se reportan evidenciándose, para todos los intervalos, valores significativos de plantas afectadas. No obstante, para poder establecer los rangos óptimos de concurrencia del patógeno en esta variable de gran importancia para el comportamiento de *R. solani* bajo las condiciones en que se llevo a cabo el estudio, se realizó un análisis más detallado de los resultados obtenidos.

Se nota que desde el intervalo 1 (30 – 31 °C) comienza un incremento en la concurrencia del patógeno, siendo los intervalos 2 y 3 (31,1 - 31,5; 31,6 - 32 °C) donde se alcanzan los mayores valores de concurrencia de 1 - 20 plantas afectadas, seguidos por los intervalos 4 y 5 (32,1 - 32, 5 y 32,6 - 33 °C) quienes alcanzaron cifras representativas de plantas afectadas de 1 - 18 y 1 - 17,

respectivamente. A partir del intervalo 5 (32,6 - 33 °C) comienza un ligero decrecimiento hasta los intervalos 6, 7, 8 y 9 (33,1 - 33, 5; 33, 6 - 34; 34,1 - 34,5 y 34,6 - 35 °C), los cuales alcanzan un número estable de 2 - 15 plantas afectadas para todos los casos, siendo este valor relativamente significativo de la presencia del patógeno en el cultivo.

Estos resultados obtenidos, confirman lo señalado en múltiples investigaciones sobre el tema, donde se expresa, que la temperatura del suelo constituye un factor determinante para la actividad biológica de *R. solani* y, en este caso, la temperatura media promedio del suelo así lo ha confirmado, al evidenciar de forma significativa la presencia del patógeno en todos los rangos observados para esta variable, incluso se ha demostrado que en las condiciones de Cuba los valores de temperatura media promedio del suelo entre 30 - 35 °C registrados en el período primaveral, estación del año donde se realizó el trabajo, resultaron ser favorables para la presencia de este organismo en el cultivo, mientras que temperaturas medias promedio del suelo entre 31.1 - 32°C fueron las que evidenciaron las mayores poblaciones de *R. solani* en todas las áreas evaluadas y por tanto pueden considerarse rangos óptimos para el desarrollo de este patógeno a diferencia de lo planteado por diversos autores.

Así tenemos, que Eken (2003) en estudios sobre la biología de *R. solani* en el cultivo de los granos señala, que temperaturas medias promedios del suelo entre 28 - 30 °C aumentaban las poblaciones y las posteriores afectaciones al cultivo.

Graham *et al.* (2004) obtiene en experimentos llevados a cabo bajo condiciones de campo a diferentes profundidades para determinar el efecto de las temperaturas del suelo sobre el desarrollo de *R. solani*, que rangos de temperaturas medias promedios entre 29 - 31 °C propiciaron las mayores afectaciones producidas por este hongo.

Hyakumachi *et al.* (2005), comprobaron en estudios realizados sobre diferentes grupos anastomosicos de *R. solani* en varios suelos de Japón, que más de 60 aislados de este hongo produjeron abundantes micelios, esclerocios y basidiosporas a temperaturas medias promedios del suelo de 28- 30 y 29- 31°C.

Stefanova *et al.* (2005) y González *et al.* (2009) coinciden en plantear que en las zonas de clima tropical las temperaturas medias promedios del suelo optimas para el desarrollo de *R. solani* se encuentran entre 27-30 °C aunque pueden alcanzar valores superiores en dependencia del tipo de suelo (estructura y composición química), humedad y su balance térmico.

López *et al.* (2013), al evaluar la incidencia y distribución de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* (frijol caupí) en la Provincia de Holguín, obtuvieron rangos óptimos de temperaturas medias del suelo entre 28 - 31 °C, las que propiciaron altas incidencias del patógeno en las áreas muestreadas.

Al analizar de conjunto la concurrencia de *R. solani* en el gradiente ambiental definido en el trabajo por los factores abióticos de mayor influencia sobre el desarrollo de este organismo, se constató que el factor dosis de riego + precipitación efectiva arrojó cierta restricción a la presencia del patógeno en todo su gradiente. La fenología del cultivo en sus etapas iniciales y finales, así como la temperatura media promedio del suelo, no parecieron ser factores muy limitantes en la concurrencia de *R. solani* por los amplios rangos en que reporta. Por su parte en la humedad final del suelo valores inferiores a 60 mm y superiores a 130 mm, tienden a disminuir la presencia de *R. solani* en el cultivo, mientras que valores de 81 - 110 mm favorecen en gran medida la concurrencia de este organismo.

En resumen, todos los aspectos examinados anteriormente, aportan valiosos conocimientos sobre la influencia que ejercen algunos factores abióticos sobre el comportamiento de *R. solani*, los cuales hacen cambiar su incidencia y la estructura de su distribución espacial en el área evaluada, además los rangos de estos factores que ofrecen poca y cierta restricción a la presencia de este patógeno en el cultivo, así como los nuevos rangos óptimos reportados para su desarrollo bajo las condiciones de la provincia de Holguín, los cuales constituyen herramientas de suma importancia a tener en cuenta en las Metodologías de Señalización y Pronóstico propuestas por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal de Cuba, para poder establecer las estrategias fitosanitarias de Manejo Integrado destinadas al control de *R. solani* en las áreas agrícolas del País.

4.4.- Propuesta de la Nueva Metodología

Se propone una Nueva Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) mediante la utilización de técnicas geoestadísticas, en la provincia de Holguín, la cual se expone a continuación.

1.- Objetivo de la Metodología

Conocer con mayor profundidad, objetividad y exactitud el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), que permita fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilite la toma de decisiones y disminuya las afectaciones al cultivo y al ambiente.

2.- Fundamentos de la Metodología

La Nueva Metodología propuesta se fundamenta en los siguientes aspectos: la existencia de la necesidad, serias afectaciones del patógeno en polos productivos importantes; en antecedentes de Metodologías de Señalización y Pronósticos tradicionales aún vigentes en Cuba, en la existencia de ofertas tecnológicas avanzadas para la mejora, en la organización del sector agrícola y en el compromiso y motivación de los actores involucrados.

La metodología asimila teorías filosóficas ligadas a la práctica como criterio valorativo de la verdad, en la variante de investigación-acción, donde la práctica constituye la actividad material transformadora del medio sobre el cual deseamos actuar para lograr un objetivo determinado y un óptimo desempeño profesional.

Posee un enfoque sistémico que permite integrar, en una secuencia de eventos, los elementos que la componen en función del objeto de estudio. Se sustenta en un cuerpo teórico de las Ciencias Agrícolas y ramas del conocimiento que se vinculan con el objetivo que persigue. Resaltan entre ellas la Sanidad Vegetal, la Agroecología, las Ciencias del Suelo, la Fisiología Vegetal, la Geoestadística, la Estadística y la Informática.

Es un proceso lógico conformado por etapas condicionantes y dependientes

que, ordenadas de manera particular y flexible, permiten la obtención del conocimiento propuesto. Cada una de las etapas mencionadas incluye pasos que fortalecen la secuencia. Con un sistema de procedimientos condicionantes, dependientes y ordenados lógicamente de una forma específica. Su concepción y estructuración facilita el cumplimiento del cuerpo legal en el contexto de los actores sociales involucrados y posibilita la propuesta de instrucciones específicas.

Propone una lógica de actuación que modifica y enriquece formas anteriores, debido a la introducción de nuevas técnicas. Estas cualidades facilitan generar nuevos conocimientos sobre el objeto de estudio, dirigir el proceso de apropiación de la metodología por parte de productores, extensionistas y decisores y orientar de forma clara las actividades prácticas a desarrollar.

3.- Etapas y pasos que componen la Metodología: representación gráfica

A continuación se muestra, de manera esquemática, la estructura de la metodología (Figura 36) y a continuación se explican sus etapas y pasos.

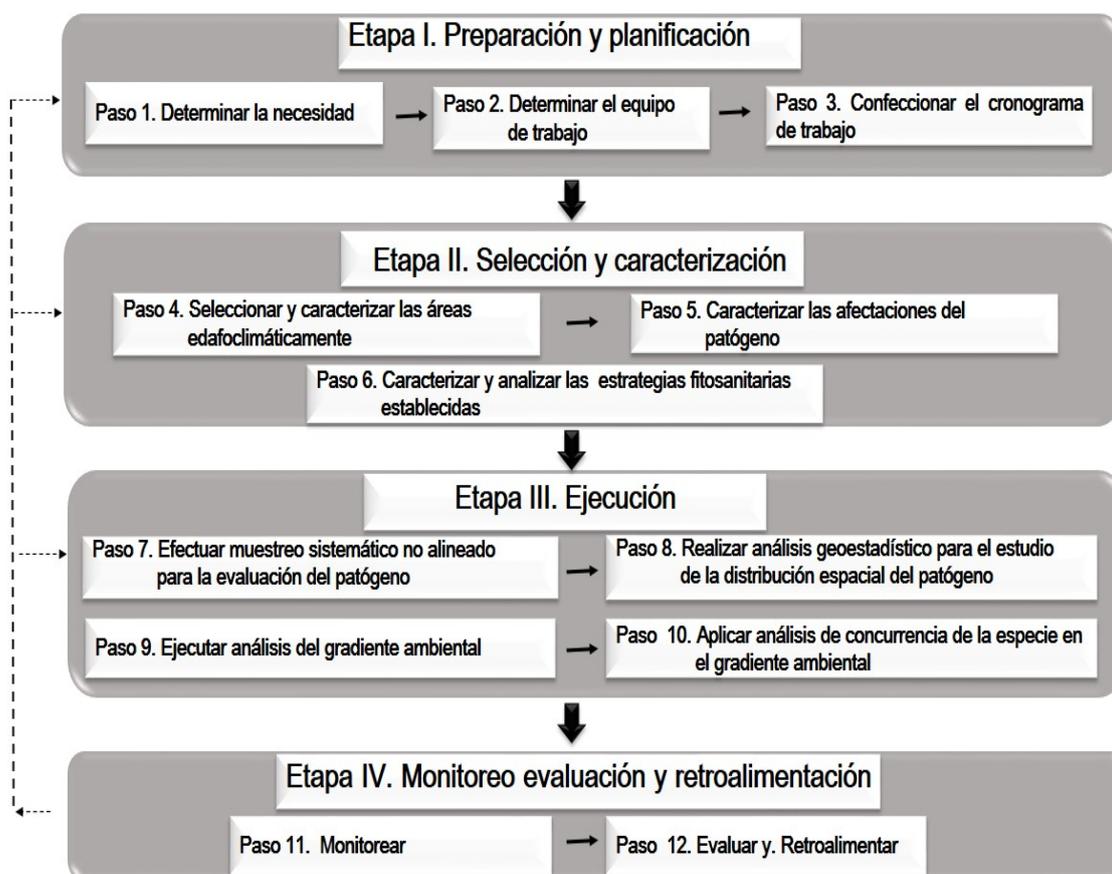


Figura 36. Representación gráfica de la Nueva Metodología propuesta.

4.- Descripción de las etapas y pasos

Etapas 1. Preparación y planificación

Esta primera etapa de la metodología crea las condiciones básicas para desarrollar con éxito las tres restantes.

Paso 1. Determinar la necesidad

Se describe con objetividad el análisis de la situación que dicta la necesidad de la aplicación de la Metodología, a partir de la cual se decide efectuar su implementación. Debe estar dirigido a conocer a profundidad el problema, el cual no ha podido ser solucionado por diferentes vías ya establecidas. Potencia el uso de nuevas formas de actuación, técnicas y procedimientos que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Paso 2. Determinar equipo de trabajo

Se precisa un equipo de trabajo, con carácter multidisciplinario, el cual puede dividirse en dos, Sub Equipo 1, principal, cuya responsabilidad es la ejecución de la planificación, organización, ejecución y control de cada uno de los pasos previstos en la Metodología y Sub equipo 2, de interfase, cuyas funciones incluyen la recopilación de la información, la comunicación, la búsqueda de consenso, la participación y la capacitación.

En la conformación del equipo o los equipos de trabajo, pueden utilizarse criterios de selección en correspondencia con el nivel de conocimientos, la responsabilidad demostrada, la identificación con el problema planteado y su voluntad de dar solución al mismo, entre otros elementos a considerar.

En este paso se realiza la capacitación sobre la Metodología en cuestión y otras temáticas de interés vinculada a ésta, así como fortalecer las habilidades para el trabajo en equipo.

Paso 3. Confeccionar cronograma de trabajo

Se elabora la programación de las acciones que se llevaran a cabo en la implementación y desarrollo de la Metodología, las cuales permitirán que se garantice el cumplimiento del objetivo propuesto y se logren los resultados esperados. El cronograma de trabajo debe confeccionarse para cada etapa de

la Metodología, en la cual deben plasmarse de forma coherente y objetiva las actividades o acciones principales que deben desarrollarse, sus responsables, participantes y las fechas de cumplimiento, además deben anotarse también en los casos que sean necesarios las instituciones o entidades involucradas. Al mismo tiempo es importante destacar, que es conveniente detallar en el cronograma de trabajo las acciones de capacitación, monitoreo y evaluación.

Etapa II. Selección y caracterización

Es una etapa de gran importancia, ya que en ella se seleccionan las áreas donde se ha determinado la necesidad de aplicar la Metodología, se caracterizan las afectaciones ocasionadas por el patógeno, así como las estrategias fitosanitarias para su control, lo cual aportará valiosos conocimientos para la implementación y el desarrollo exitoso de la Metodología.

Paso 4. Seleccionar y caracterizar edafoclimáticamente las áreas

Se seleccionan las áreas dentro de las entidades productivas a evaluar, acorde a su ubicación geográfica dentro de la entidad, la homogeneidad del cultivo y la topografía del terreno (mayormente llano), así como que sean representativas de los altos índices de afectación del patógeno.

A estas áreas se le realizará una caracterización general a partir de la estructura que posee (recursos humanos: directivos, especialistas, técnicos, productores), principales producciones, sus rendimientos y una edafoclimática donde se describirá el tipo de suelo, las características climáticas y otros aspectos de interés.

Paso 5. Caracterizar las afectaciones del patógeno

Constituye un aspecto esencial en la Metodología, pues permite ampliar los conocimientos sobre el patógeno. En este paso, se necesita de la colaboración y apoyo de productores, técnicos de sanidad vegetal, especialistas, directivos, entre otros, vinculados al área seleccionada, los cuales brindarán información detallada sobre las problemáticas fitosanitarias relacionadas con la presencia e incidencia del patógeno. Además, se analizarán los historiales de campo de los cultivos afectados, se describirán los daños provocados por el patógeno en las

diferentes partes de la planta y su influencia en los rendimientos obtenidos, se evaluarán los momentos y épocas de mayor incidencia del organismo en correspondencia con la ocurrencia de los factores climáticos, así como se realizarán estudios sobre evaluación de daños en los casos que sea necesario, entre otros aspectos de importancia. Para una mayor caracterización del nivel de afectación del patógeno, se recomienda utilizar la fórmula de Townsend y Heuberger (1963), como método fitopatológico para determinar el Índice de Infección o Incidencia de este organismo. Todos los aspectos anteriormente mencionados que se tendrán en cuenta en este paso, conjuntamente con los estudios sobre su biología y otros que se consideren oportunos desarrollar, permitirán ampliar los conocimientos sobre el patógeno.

Paso 6. Caracterizar y analizar las estrategias fitosanitarias establecidas

Se caracterizarán las estrategias fitosanitarias teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con la aplicación de la Metodología, permitirán fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, por lo que un amplio conocimiento sobre las estrategias fitosanitarias llevadas a cabo en las áreas analizadas es de gran valor. En este caso se analizarán en primer lugar las prácticas habituales y tradicionales que realizan los productores en el control fitosanitario de las plagas y enfermedades en los cultivos, para determinar cuales de ellas pueden formar parte de las posteriores estrategias fitosanitarias a desarrollar, se exáminaran los métodos de lucha y las medidas que conformaron las estrategias implementadas, los valores de índices de infestación del patógeno que se tuvieron en cuenta para la aplicación de estas, los momentos o fases fenológicas del cultivo en que se aplicaron, con qué frecuencia se utilizaron, cuáles métodos de lucha fueron los más empleados y los resultados obtenidos, entre otros elementos de interés a considerar.

Etapa III. Ejecución

En esta etapa, se ejecutan las actividades esenciales de la Metodología, las cuales constituyen elementos novedosos para el estudio del patógeno al compararlas con las descritas en las Metodologías existentes en Cuba. La realización de estas actividades según lo establecido y planificado, garantiza

los resultados esperados para el cumplimiento del objetivo propuesto en la Metodología y el éxito de su implementación.

Paso 7. Aplicar el Muestreo sistemático no alineado para la evaluación del patógeno

El empleo de este tipo de muestreo tendrá en cuenta el tamaño del área a evaluar, para el diseño de las parcelas o puntos de muestreos.

En el caso de una hectárea se hará lo siguiente:

- ❖ Establecer por hectárea 6 parcelas o puntos de muestreo (tamaño aproximado: 27 m de ancho por 42 m de largo, con una separación de 4 m) que estarán referenciados sobre un origen de coordenadas previamente establecido en uno de los vértices de la hectárea (análisis geoestadístico) y estarán distribuidos en un diseño de Bloques al azar dentro de cada hectárea.
- ❖ Fijar 4 subpuntos a partir del surco número 6, 12, 18 y 24 dentro de cada parcela o punto de muestreo, a una distancia de 6, 18, 30 y 42 metros desde el borde hacia adentro, dejando un efecto de borde de 6 m por cada extremo de la hectárea a evaluar.
- ❖ Tomar muestras de cinco plantas al azar alrededor de cada sub-punto (en un radio no mayor de 2 m) por cada evaluación de la enfermedad que se realice, las cuales deben corresponderse con las fases fenológicas del cultivo.
- ❖ Colocar las muestras de plantas que serán enviadas al laboratorio en bolsas plásticas, de papel o cartón previamente identificadas (parcela o punto de muestreo, subpunto, hectárea) para el aislamiento e identificación de las patologías presentes.
- ❖ Contabilizar el número de muestras positivas del patógeno, para determinar la frecuencia de aparición, el número total de plantas afectadas y el porcentaje de distribución.
- ❖ Obtener aislados del patógeno (cepas representativas) para realizar estudios sobre su caracterización morfológica, patógena y otros necesarios, que permitan ampliar los conocimientos sobre su biología y el organismo en general.

Paso 8. Realizar análisis geoestadístico para el estudio de la distribución espacial del patógeno

Para la utilización del análisis geoestadístico, se confeccionará una base de datos en la que se anotarán por cada hectárea evaluada, las coordenadas por parcela o punto de muestreo, el número total de plantas afectadas por cada sub - punto y punto de muestreo (parcela) en cada evaluación realizada. La información recogida en la base de datos elaborada, se dispondrá de forma tabulada en un fichero ASCII y por último se utilizará el programa SURFER (<http://www.ai-geostat.org>) para el procesamiento estadístico de los datos. La aplicación de la Geoestadística a los datos obtenidos, permitirá la modelización de la estructura espacial del patógeno y la generación de mapas de la distribución espacial, que mostrarán las áreas específicas de infestación a las que se deben dirigir las medidas de control en concreto y reducir con ello los costos económicos y medioambientales.

Paso 9. Realizar análisis del gradiente ambiental

Se realiza el análisis del gradiente ambiental, tomando como referencia la matriz de datos confeccionada para el análisis geoestadístico, en la que se escogerá el número total de plantas afectadas por punto de muestreo y se registraran los valores obtenidos de las variables climáticas y otras variables abióticas de interés, por cada evaluación realizada. La matriz de datos se codificará en tres clases para las variables referidas al clima y la enfermedad. En el caso de las climáticas se codificarán en valores mínimos, medios y máximos, mientras que las de la enfermedad en valores nulos (primera clase), valores medios (segunda clase) y valores altos (tercera clase). En el caso de otras variables abióticas, como pueden ser los días de siembra, se tomarán los valores del número total de plantas afectadas en cada una de las evaluaciones realizadas, que se corresponderán con las fases fenológicas del cultivo. Se aplicará el análisis factorial de correspondencia múltiple a los datos obtenidos y se interpretará el mapa perceptual resultante del análisis factorial de correspondencia múltiple aplicado, así como la Tabla de Burt de 16 x 16, lo que posibilitará determinar las variables abióticas que mayor relación tienen con la distribución espacial de la enfermedad.

Paso 10. Realizar análisis de concurrencia de la especie en el gradiente ambiental

Se efectúa el análisis de concurrencia de la especie en el gradiente ambiental, a partir de los resultados obtenidos en el análisis del gradiente ambiental, el cual muestra las variables abióticas de mayor influencia sobre la distribución espacial del patógeno, estas variables se ubican en la matriz de datos confeccionada en el estudio y se escogen los valores mínimos y máximos observados en cada una de estas, así como la cantidad de plantas afectadas desde el mínimo hasta el mayor valor (ejemplo: 0 - 20). Se confecciona un gráfico con los valores registrados, donde en el eje (y) se colocarán los valores de las variables abióticas (valor mínimo y máximo) y en el eje (x) los valores de plantas afectadas (0 - 20), se grafican sus gradientes considerando pequeños intervalos de sus valores. Los rangos observados de ocurrencia del patógeno (valor máximo y mínimo) para cada una de las variables se describen y se contabiliza dentro de estos el número de plantas afectadas por *R. solani*. Se interpretan los resultados obtenidos, donde un amplio rango de presencia de la especie sobre el gradiente del factor evaluado, significa poca restricción de este a la presencia de la especie, mientras que un rango pequeño evidencia cierta restricción del factor a la presencia de la especie en todo su gradiente.

Etapa IV. Monitoreo, evaluación y retroalimentación

Esta etapa busca mantener un chequeo sistemático de las actividades previstas, evaluarlas y retroalimentar el proceso para lograr las rectificaciones necesarias y el cumplimiento de los objetivos.

Paso 11. Monitoreo

Se mantiene el monitoreo constante de todas las acciones y actividades programadas que deben realizarse durante la implementación y el desarrollo de la Metodología, que permita consensuar cualquier necesidad de cambio de lo previsto.

Paso 12. Evaluación y retroalimentación

Este paso requiere sistematicidad para comprobar el grado en que se cumplió con lo planificado de acuerdo a lo previsto y conocer los éxitos y deficiencias en la implementación y desarrollo de la Metodología, que retroalimenten el

proceso. Es importante considerar que en el caso de detectar deficiencias se deberá profundizar en las causas que motivaron estas o los incumplimientos en que se incurrieron. En consecuencia, se deben diseñar las acciones correctivas que procedan y, si es necesario, se reiniciará un nuevo ciclo de aplicación de la metodología.

5.- Recomendaciones para la instrumentación de la Metodología

Para la implementación de la Metodología deben considerarse las siguientes orientaciones, las cuales permitirán su aplicación en diferentes contextos y condiciones:

- ❖ Aplicar la Nueva Metodología donde existan altas infestaciones producidas por los patógenos del suelo (*R. solani* y otros).
- ❖ Valorar con la Dirección de Sanidad Vegetal en los Territorios, las entidades productivas donde se pretende implementar la Nueva Metodología.
- ❖ Establecer relaciones oficiales con la entidad donde se ejecutará la metodología, mediante contratos o proyectos de extensionismo.
- ❖ Socializar la metodología con los actores sociales territoriales.
- ❖ Tener en cuenta las precisiones siguientes sobre la Etapa III de Ejecución, para el caso determinado:
 - Adecuar el diseño del muestreo propuesto en la Metodología (sistemático no alineado) en correspondencia con el tamaño del área a evaluar, para lograr muestras representativas y una mayor superficie investigada.
 - Establecer convenios de trabajo o colaboración con el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal en los Territorios para el procesamiento de las muestras (aislamiento e identificación de las patologías) obtenidas en las áreas evaluadas, así como la realización de estudios biológicos y otros necesarios.
 - Coordinar con la Estación Meteorológica más cercana a las áreas analizadas u otras dependencias pertenecientes a los Centros Meteorológicos Provinciales del Instituto de Meteorología de Cuba, la toma de datos climáticos o la entrega de información relacionada con esto.
 - Contar con personal calificado en el área de la informática para conformar bases de datos, utilizar programas estadísticos y geoestadísticos (SURFER).

4.4.1. Aportes de la Nueva Metodología

Cuando se diseña, implementa y valida una Metodología como resultado de la investigación científica se hace necesario valorar los aportes de la Metodología en cuestión, aunque no es fácil en abstracto decidir el valor teórico o práctico de los aportes contenidos en una Metodología.

Por tanto, se valora como aportes teóricos de la Metodología presentada en esta Tesis Doctoral, en primer lugar, la Metodología como un todo, la cual se ha expuesto en forma de una propuesta de actuación con la fundamentación necesaria y constituye una novedad al proponer una nueva forma de hacer, a partir de la utilización de técnicas y procedimientos de avanzada que, en comparación con las existentes actualmente, logran un conocimiento más profundo y objetivo del patógeno analizado, como elemento fundamental para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial del patógeno que permita enriquecer y perfeccionar los métodos de lucha destinados a su control, como vía de dar solución a la problemática fitosanitaria motivo de análisis en esta investigación.

Por otro lado, la Metodología propuesta constituye una contribución metodológica a la ciencia, materializada en las premisas elaboradas, las etapas y pasos propuestos, los métodos, las técnicas o los procedimientos valorados por el investigador para que formen parte de esta y que a la vez enriquecen el cuerpo teórico de la ciencia, ya que definen un proceder metodológico específico como alternativa a las concepciones existentes, además de la especificidad en el ordenamiento lógico, la secuenciación o interrelación de los procedimientos, etapas y pasos propuestos en la misma.

Al mismo tiempo, se considera que contiene una contribución a la práctica, relacionada con la solución del problema que originó la necesidad de elaborar la misma, lo cual resulta evidente y se manifiesta en esta Tesis, a partir de las indicaciones y recomendaciones para la puesta en marcha de la Metodología presentada y los medios elaborados para su implementación, desarrollo y extensión (plegables, hojas informativas, folletos, material docente entre otros), así como para el lugar donde se aplica, lo cual tiene una connotación práctica especial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de las investigaciones, permiten sintetizar las siguientes conclusiones:

1.- Se constató, que a nivel mundial son numerosas las investigaciones desarrolladas sobre *R. solani* en las que se han empleado diferentes métodos de evaluación, y en Cuba existe una Metodología de Señalización y Pronóstico propuesta por el INISAV (1983) para su estudio, la cual ha sido utilizada por varios años en investigaciones llevadas a cabo en diferentes áreas productivas a lo largo del País y específicamente en la provincia de Holguín. Sin embargo, aún persisten los daños ocasionados por este patógeno en numerosos cultivos, que se intensifican en *P. vulgaris* L. (frijol común) y *V. unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), lo cual indica la necesidad de utilizar nuevos métodos y procedimientos de avanzada que brinden una información más amplia, objetiva y detallada sobre su comportamiento, para fundamentar los métodos de lucha destinados a su control.

2.- A nivel mundial y en Cuba los estudios sobre la distribución espacial de las patologías presentes en los suelos y específicamente para *R. solani* son muy escasas, según las diferentes bibliografías nacionales e internacionales que fueron consultadas, por lo que no existe información alguna sobre la estructura de su distribución espacial en los cultivos agrícolas.

3.- Se notifican los principales hongos asociados a la rizosfera del cultivo *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) en las entidades productivas evaluadas: *Rhizoctonia solani* Kühn, *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. y *Sclerotium rolfsii* Sacc., de los cuales *R. solani* alcanzó la mayor frecuencia de aparición.

4.- Se describen diferencias morfológicas entre los aislamientos de *R. solani* evaluados en lo referente a: tasa de crecimiento, tipo de crecimiento y color del micelio, zonación, formación y características de los esclerocios, lo que sugiere una amplia diversidad genética de la población de este patógeno en las áreas evaluadas. Lo que permitió diferenciar 8 aislamientos, todos con alta patogenicidad.

- 5.- Se declaran en las áreas seleccionadas de la CPA los mayores porcentajes de frecuencia de aparición y distribución de *R. solani* con valores superiores al 40% debido a que sus suelos se mantuvieron en barbecho por varios años sin aplicársele ninguna labor de cultivo, posibilitando la permanencia del patógeno por largos períodos de tiempo.
- 6.- Los métodos de muestreo evaluados sistemático no alineado y diagonal fueron los de mayor influencia en la distribución de *R. solani*, no así otros factores abióticos analizados tales como: las variables climáticas y los análisis químicos realizados al suelo, los cuales mostraron en algunos casos cierta influencia sobre el patógeno.
- 7.- Se demuestra científicamente la superioridad del método de muestreo sistemático no alineado con respecto al método de muestreo diagonal, al mostrar mayor integralidad, visión holística real y objetiva del comportamiento de la enfermedad, un alto grado de confiabilidad por su representatividad y seguridad, así como una gran factibilidad.
- 8.- Se reporta por primera vez la estructura de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp (frijol caupí), la cual denotó un comportamiento de tipo agregado de las poblaciones de este patógeno dentro de las áreas evaluadas, ajustándose principalmente a modelos de tipo exponencial y gaussiano. Además, fue posible establecer las áreas específicas de infestación, ubicadas en los bordes de la parcela, lo cual es de gran utilidad para dirigir las medidas de control hacia esas zonas en concreto y reducir con ello los costos económicos y ambientales.
- 9.- Se ofrecen, resultados sobre otros factores abióticos presentes en los agroecosistemas evaluados, los cuales han sido poco estudiados y ejercen influencia directa en la distribución espacial de *R. solani* tales como: las precipitaciones efectivas ó lluvias ó aprovechables más las dosis de riego, la humedad final del suelo, así como la fenología del cultivo en sus etapas finales, los cuales no se corresponden con los reseñados en las bibliografías consultadas en esta Tesis.
- 10.- Se aportan valiosos conocimientos sobre la caracterización cuantitativa de los rangos de cada uno de los factores que ofrecen poca y cierta restricción a la

presencia de *R. solani*, incluso se informan nuevos rangos óptimos para su incidencia y desarrollo, que no coinciden con los reportados por diferentes autores y pueden ser utilizados para enriquecer las Metodologías de Señalización y Pronósticos vigentes en Cuba.

11.- Se propone una Nueva Metodología para caracterizar la estructura y la interpretación de la distribución espacial de *R. solani* en el cultivo de *V. unguiculata* (fríjol caupí) mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas en la provincia de Holguín, conformada por cuatro etapas (preparación y planificación, selección y caracterización, ejecución y monitoreo, evaluación, retroalimentación) desde una visión metodológica integradora, al considerar todos los elementos del sistema en función de conocer con mayor profundidad, objetividad y exactitud el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, para fundamentar las futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilitar la toma de decisiones, así como, disminuir eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente, mediante la realización de controles fitosanitarios localizados en las zonas específicas de infestación.

12.- La metodología propuesta constituye una herramienta útil a decisores y productores, para potenciar el uso de nuevas formas de actuación, técnicas y procedimientos de avanzadas en el control fitosanitario de *R. solani* y otros patógenos del suelo, en el contexto de la agricultura cubana actual.

RECOMENDACIONES

Tras el estudio llevado a cabo, para la propuesta de una Nueva Metodología para el estudio de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), se exponen a continuación las siguientes recomendaciones:

1.- Proponer al Ministerio de la Agricultura de Cuba, establecer para el estudio de las enfermedades producidas por los patógenos del suelo y específicamente para *R. solani* en el cultivo de *V. unguiculata* (frijol caupí) y otros, la Nueva Metodología propuesta en esta Tesis, ya que permite conocer con mayor profundidad el comportamiento del patógeno dentro del área evaluada, como fundamento científico para el diseño de futuras estrategias de manejo integrado destinadas a su control, facilita la toma de decisiones y disminuye eficientemente las afectaciones al cultivo y al ambiente.

2.- Elaborar previo a la siembra del cultivo en las entidades evaluadas, estrategias fitosanitarias de manejo integrado para el control eficiente de *R. solani*, debido a la amplia diversidad genética de su población en las áreas estudiadas, la alta patogenicidad mostrada en todos los aislamientos al ser capaces de causar la enfermedad y por la formación de esclerocios tanto individuales como agregados, los cuales constituyen una importante fuente de inóculo para la aparición, desarrollo, diseminación y permanencia de este organismo por varios años en los campos de cultivo.

3.-Ejecutar diferentes labores de cultivo o de preparación del suelo en las áreas de la CPA, cuyos suelos se mantuvieron en barbecho por largos períodos de tiempo, encaminadas a disminuir la presencia de los hongos del suelo y específicamente de *R. solani*, teniendo en cuenta los porcentajes de frecuencia de aparición y distribución obtenidos que superan el 40%.

4.- Considerar los resultados de los estudios geoestadístico realizados en este trabajo, que indicaron un comportamiento de tipo agregado de las poblaciones de *R. solani*, lo cual permite sugerir que la reducción de las poblaciones de este patógeno en las áreas evaluadas se puede lograr, al focalizar las estrategias de manejo fitosanitario hacia las zonas específicas o focos de infestación en

donde se ubican los puntos de agregación (borde de las parcelas) y con ello reducir los costos económicos y ambientales.

5.- Incorporar dentro de las Metodologías de Señalización y Pronóstico propuestas para *R. solani* y otros patógenos del suelo, los resultados del gradiente ambiental y los de la concurrencia de la especie en el gradiente ambiental obtenidos en este estudio, ya que brindan información de algunos factores abióticos presentes en los agroecosistemas evaluados, que han sido poco estudiados y guardan relación directa con la incidencia del patógeno como son: la dosis de riego + precipitación efectiva, la humedad del suelo final y la fenología del cultivo en sus etapas finales, así como los nuevos rangos óptimos para el desarrollo de *R. solani* bajo las condiciones donde se realizó el estudio, los cuales no coinciden con los señalados por diversos autores y pueden constituir elementos de indudable valor para estas Metodologías vigentes en Cuba y para la toma de decisiones.

6.- Realizar estudios similares a los desarrollados en esta tesis, en diferentes regiones geográficas de Cuba donde existan altas incidencias de *R. solani* en los cultivos de los granos y otros, con el objetivo de validar la Nueva Metodología propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAWI, G. S., PASTOR-CORRALES, M.A. (1990). Root rot of beans in Latin American and Africa: Diagnosis, Research, Methodologies, and Management Strategies. CIAT.Cali. Colombia. 114 p. Resúmenes Analíticos sobre Frijol, 15(3):68.
- ABAWI, G.S. (1994). Pudriciones radicales. *In*: M. Pastor-Corrales y H.F. Schwartz (eds.). Problemas de Producción del Frijol en los Trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- ACENET, I. S.; PAZOS, A. R.; TORRES, D. C.; CASADESÚS L. R. (2011). Identificación y caracterización de seis aislados pertenecientes al género *Bacillus* promisorios para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. Fitosanidad v.15 n.1 Ciudad de la Habana ene.-mar.
- ACUÑA, J. (1979). Plantas indeseables en los cultivos cubanos. Editorial Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba, 188p.
- ACUÑA, A. (2010). Large Parche/ parche grande causado por *Rhizoctonia solani*. Disponible en www.oocities.org/fitopatología/html.
- ADAMS, G. C. (1988). *Thanatephorus cucumeris (Rhizoctonia solani)*, a Species Complex of Wide Host Range», *Adv. Plant Pathol.* 6: 535- 552, EE.UU.
- AGRESTI, A. (2007). *An Introduction to Categorical Data Analysis.* (2da ed.). New York: Wiley.
- AGRIOS, G. N. (1995). *Fitopatología.* Segunda edición. Grupo Noriega Editores, México. 452-458 p.
- AGRIOS, G. N. (1998). *Fitopatología.* Tercera edición. Editorial Limusa México.
- AGRIOS, G.N. (2003). *Plant pathology.* Quinta edición. Academic Press. Nueva York. 803 p.
- AGRIOS, G. (2004). *Fitopatología.* Editorial Limusa. Noriega Editores. 838p.
- AGRIOS, G. N. (2005). *Fitopatología.* Limada Noriega Editores. Segunda edición. México, D. F. 838 p.
- AGRIOS, G. N. (2006). *Fitopatología.* Tercera edición. Editorial Limusa. México, D.F.
- AGUILA, H. (1987). *Agricultura General y Especial.* Editorial Universitaria, Chile, 212p.

- AGUILERA, C.G.; LOAYZA, R.O. (1982). Estudio de tres densidades de siembra y dos niveles de nitrógeno en tres cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), en la granja el Cambio. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Machala. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Ecuador. 60 pp.
- AHMAD, J.; BAKER, R. (1987). Competitive saprophytic and cellulolytic activity of rhizosphere competens mutants of *Trichoderma harzianum*. *Phytopatology* 77: 358 – 362.
- AKEM, C.; DASHIEL, K. (1991). First report of Sothern blight caused by *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani* on soybeans in Nigeria plant diseases 75: 535- 541.
- ALARCÓN, L. P.; REYES, R. T.; RODRÍGUEZ, G. G.; PUPO, Z. A. D. (2005). Efectividad in vitro de *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Piricularia grisea* en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Fitosanidad* 9 (3):57-61, Cuba.
- ALVARADO, G. R.; HERNÁNDEZ, C. D.; GUERRERO, R. E.; SÁNCHEZ, A. A. (2002). Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora infestans* Mont. (De Bary) con extractos vegetales metanólicos de Hojasén (*Flourensia cernua* D.C.), Mejorana (*Origanum majorana* L.) y Trompetilla (*Bouvardia ternifolia* (Ca.) Schlecht.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, enero-julio, año/vol. 21, (1). 12 - 17pp.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. Rome, Italy.
- ALLEN, D.J.; LENNE, R. H (1998). Food legumes. *In*: R.J. Hillocks y J. M. Waller (eds.). *Soilborne Diseases of Tropical Crops*. CABI Pub. Cambridge, UK. 85-90 pp.
- ALLEN R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH. M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, 298 pp.
- AMADOR R.; ESCOBEDO, R. J. S. (2004). Distribuciones espaciales de malezas y rendimiento de maíz en labranza reducida y convencional. *Revista Fitotecnica Mexicana* 27:223-231.
- ANDERSEN, T. F. (1984) «Variation and Heterokaryosis in *Rhizoctonia solani*», *The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium*, Cambridge University Press, Inglaterra, 367-382 pp.

- ANDERSEN, T. F.; STALPERS, J. A. (1990). A study of hyphal morphology in the form genus *Rhizoctonia*, Mycotaxon 37:25-46, EE.UU.
- ANDERSEN, T. F.; STALPERS, J. A. (1994). A Check-List of *Rhizoctonia* Epithets, Mycotaxon 51:437-457, EE.UU.
- ANDERSEN, T. F. (1996). A comparative taxonomy study of *Rhizoctonia sensu lato* employing morphological, Ultrastructural and molecular methods, Mycological Research 100:1117-1128, Holanda.
- ANDERSON, N. A. (1982). The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. Annu. Rev. *Phytopathology*, 20 (3), 329-347p.
- ANDREU, V. K. (1989). Seed-borne fungi and viruses of some important crops. Partnagar: In Govind Ballabh Part. University of Agriculture and Technology, 146p.
- ANTÚNEZ, O.A. (2002). Evaluación del efecto de nitrógeno y densidad de población sobre el rendimiento de vainita china (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. 66 pp.
- APPELS, R.; DVORAK, J. (1982). Relative rates of divergence of spacer and gene sequences within the rDNA region of species in the Triticeae: Implications for the maintenance of homogeneity of a repeated gene family, Theor. Appl. Genet. 63:361-365, Alemania.
- APÁEZ, B. P.; ESCALANTE, E. J.; RODRÍGUEZ, G.M.; OLALDE, G.V.; RAMÍREZ, V. (2009). Frijol chino (*Vigna unguiculata* L. Walp) su cultivo, importancia económica y medicinal. Revista Alternativa. Número 19. (Enero-junio 2009). Disponible en: <http://www.revistaalternativa.org>.
- ARAUJO, J. P. (1984). Variabilidade genética e interrelações dos caracteres agronômicos em Feijão (*Vigna unguiculata* L. Walp. EMBRAPA, Brasil, 113 pp.
- ARAUJO, J. P.; WATT, E.E.; RIOS, G.P. (1988). Situação do Caupí no Brasil. EMBRAPA, Brasil, 18-43 pp.
- ARAUJO, J. P. (1994). Cultura do Caupí (*Vigna Unguiculata* L. Walp.) Descrição e recomendações técnicas do cultivo. En circular Técnico, EMBRAPA, Brasil, 18, 19-43pp.
- ARAYA, C.M.; HERNÁNDEZ, J.C. (2006). Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Ministerio Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 37pp.

- ARCOS, J.; ZÚÑIGA, D. (2015). Efecto de rizobacterias en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa. Ecol. Apl. Vol.14 no.2 Lima jul./dic.
- ARNOLD, R.W.G. (1986). Lista de hongos fitopatógenos de Cuba. Revisada y ampliada. Edit. Cient. Técnica. Ciudad de La Habana. Cuba. 206 pp.
- ARTEAGA, R. (1986). Índice de enfermedades fungosas en Cuba y Venezuela. Edición Privada, 376 pp.
- ATKINS, J. G.; LEWIS, W. D. (1954). *Rhizoctonia solani* aerial blight of soybeans in Louisiana. *Phytopathology*, 44, 215 – 218pp.
- AVILÉS, M.; BORRERO, C.; TRILLAS, M. I. (2011). Review on compost as an inducer of disease suppression in plants grown in soilless culture. In A. Sánchez Ferrer (ed.). Dynamic Soil, Dynamic Plant, Compost III. Global Science Books Vol. 5, Specialissue 2, 1-11pp.
- BAKER, K. F. (1970). In *Rhizoctonia solani*; Biology and Pathology. Ed. Parmenter. Univ. California Press, Berkeley, Los Angeles and London, 125-148pp.
- BAKER, K.F.; COOK R.J. (1974). Biological control of plant pathogens. Ed: Freeman. San Francisco. USA.
- BAKER, R.; ELAD, Y.; CHET, Y. (1984). The controlled experiment in the scientific method with special emphasis on biological control. *Phytopatology* 74: 1019 – 1021.
- BALALI, G. R.; WHISSON, D. L.; SCOTT, E. S.; NEATE, S. M. (1996). DNA fingerprinting probe specific to isolates of *Rhizoctonia solani* AG-3, Mycol. Res. 100:467-470, Holanda.
- BANONI G.; ANTIGNANI, V.; PANE, C.; SCALA, F. (2009). Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 91:211-224.
- BARFIELD, C.S. (1996). El muestreo en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 2: 46-72.
- BARRIOS, A.; LÓPEZ, O. (1998). Causas de bajas poblaciones en el cultivo del Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Venezuela. *Agricultura Tropical*, 26(2), 177-182 pp.
- BARROSA, R.; CHINCHILLA, C. (2006). Análisis y comparación de las curvas de desarrollo y la distribución espacial del síndrome del anillo rojo /hoja pequeña (*Bursaphelenchus cocophyllus* Cobb), y la pudrición basal corchosa (*Ustilina deusta* (Hoffm. Ex Fr.) en palma aceitera. *ASD Oil Palm Papers*, N° 26, 33-44 pp.

- BASSANEZI, R.B.; LARANJEIRA, F.F. (2007). Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. *Plant Pathology* 56:97–106 pp.
- BAUTISTA, B.S.; MONTES, B.R.; EVANGELISTA, L.S. (1998). Inhibición del desarrollo micelial y esporulación de *Pestalotia* sp. Mediante el uso de extractos vegetales. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología Guanajuato, Guanajuato, México. 23 pp.
- BELL, D. K.; SUMNER, D. R. (1995). Survival of *Rhizoctonia solani* and other soilborne basidiomycetes in fallow soil. *Plant Disease*, 71, 911-915pp.
- BERGERON, C.; MARSTON, A.; HAKIZAMUNGU, E.; HOSTETTMANN, K. (1995). Antifungal constituents of *Chenopodium procerum*. *International Journal of Pharmacognosy* 33:115-119.
- BERMÚDEZ, R. M.; RODRÍGUEZ, B. J. (2007). La Estructura de la Metodología como resultado de la investigación científica. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 56 p.
- BERNAL, A.; ANDREU, C.; MOYA, M. (1998). Utilización de diferentes extractos de plantas como alternativa ecológica para el control de fitopatógenos del suelo. Disponible en: <http://www.virtualcentr.org/es/enIBTJ%20Tallr/bernalalezander.htm> .
- BETANCOURT, Y.; RODRÍGUEZ, I.; PINEDA, E. (2009). Las propiedades químicas del suelo para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 46- 48.
- BETANCOURT, R. Y.; HERRERA, L. I.; DÍAZ, O. A.; GARCÍA, A. (2010). Las propiedades biológicas del suelo e influencia de enfermedades para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 19, No. 2.
- BEUTE, M. K.; RODRÍGUEZ – KABANA, R. (1990). Effects of soil moisture and field environment on survival of *Sclerotium rolfsii* and other soil fungi in Alabama and North Carolina. *Phytopathology*, 91(14),1293-1296.
- BLOM, E.; FLEISCHER, S. (2001). Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 30 (2): 350-364.
- BLUM, L. E. B.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; MORGAN-JONES, G. (1996). Effect of soil organic amendments on diseases of tomato and soybean caused by *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*, and on the soil microbial population (Res.). *Phytopathology* 86: S54.

- BOCOURT Y.; CANTILLO T.; RAMOS E.; GONZÁLEZ, M.; LÓPEZ, M. (2009). Prospección de hongos del suelo con potencialidades para el control biológico en suelos de agroecosistema cubanos. *Fitosanidad*. Vol 13. No. 1. Págs 3-5.
- BOLIDIN, J. (1998). «Taxonomie moleculaire des Aphylophorales», *Mycotaxon* 66:445-491, EE.UU.
- BOLAÑOS, J. (2000). Pudriciones radiculares producidas por *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de los granos. Información SANINET, Quito, Ecuador, 30p.
- BOLAÑOS, J.; VALVERDE, R.; FLORES, F. (2000). Evaluación de los daños producidos por hongos del suelo en el cultivo de los granos. *Cultivos Tropicales*, vol. 21, no. 2, 67-81 p.
- BOLTON M.D.; PANELLA, L.; CAMPBELL, L.; KHAN M.F.R. (2010). Temperature, moisture, and fungicide effects in managing *Rhizoctonia* root and crown rot of sugar Beet. *Phytopathology* 100, 689-97.
- BONILLA, C. (2014). Distribución especial y temporal del nemátodo agallador (*Meloidogyne* spp) en el municipio de Patzicia, Chimaltengo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad de Asunción, Guatemala
- BOYSEN, M.;BORJA, M. ; MORAL, C.; SALAZAR, O.; RUBIO, V. (1996) «Identification at strain level of *Rhizoctonia solani* AG-4 isolates by direct sequence of asymmetric PCR products of ITS region», *Curr. Genetics* 29:174- 181, Alemania.
- BRENNER, R.; FOCKS, D.; ARBOGAST, R.; WEAVER, D.; SHUMAN, D. (1998). Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *American Entomologist.*, 79-101.
- BRESSAN, A., MORAL, J. F.; SÉMÉTEY,O.; BOUDON-PADIEU, E. (2010).Spatio-temporal pattern of *Pentastiridiusleporinus* migration in an ephemeral cropping system. *Agricultural and Forest Entomology*,12: 59-68
- BRIZUELA, G. E.; GÓMEZ, C. M.; HERNÁNDEZ, Z. O.; DÍAZ, G. M.; PONCE, M. (1996). Comportamiento experimental y en producción de nueve variedades de *Vigna unguiculata* L. Walp.(frijol caupí), introducidas en Camagüey. III Jornada Científico Productiva Sobre Vigna en Cuba. I Taller Internacional del cultivo de Vigna en el Trópico, Holguín, 18p.
- BRIZUELA, G. E.; GÓMEZ, C. M.; HERNÁNDEZ, Z. O.; DÍAZ, G. M.; PONCE, M. (2011). Evaluación agronómica y fitosanitaria de nuevas variedades de *Vigna unguiculata* L. Walp.(frijol caupí), en áreas productivas de la provincia de Camagüey. VI Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín. ISBN: 978-959-16-1329-5.

- BRUNA, A. (2004). Enfermedades transmitidas por el suelo en las hortalizas de los cultivos bajo plástico. Chile Agrícola. 407: 270 – 271pp.
- BRUNS, T. D.; WHITE, T. J.; TAYLOR, J. W. (1991). «Fungal Molecular Systematics», Annual Review of Ecology and Systematics 22:525-564, EE.UU.
- BÜRGÉS, G.; GAL, T, (1992). Analysis of the spatial pattern of *Curculio elephas* Gyll. (Col. Curculionidae) in Hungary. Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent. 57/3":613-615.
- BURPEE L. L.; SANDERS, P. L.; COLE, H.; SHERWOOD, R.T. (1980): «Anastomosis groups among isolates of *Ceratobasidium cornigerum* and related fungi», Mycology 72:689-701, EE.UU.
- BURÉS, S. (2004). Introducción a los sustratos: aspectos generales. pp. 19-46. In:Tecnología de sustratos: aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. J.N. Pastor S. (ed.). Universidad de Lleida. España
- BURROUGH, P.A.; DONNELL, R.A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford Univ. Press, New York.
- CABALLERO, B. R.; MARTÍNEZ, J. C.; PUN, S.; HERNÁNDEZ, C. (1994). Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos y sus componentes en cuatro variedades de frijol caupí. II Jornada Científica – Técnica productiva sobre el cultivo de las Vignas en Cuba, Quivicán, La Habana, 34p.
- CABALLERO, B. R.; MARTÍNEZ, J. C.; PUN, S.; HERNÁNDEZ, C. (1996). Evaluación de los cultivos de *Vigna* INIFAT-93 e INIFAT-94 en ecosistemas de montañas. III Jornada Científica Productiva sobre *Vigna* en Cuba – I Taller Internacional de *Vigna* en el Trópico, Holguín, Cuba, 31p.
- CAGE, S. H.; WIRTH, T, M.; SIMMONS, G. A. (1991). Prediction gregional *Gypsy moth* (Lymantridae) population Trends in an expanding population using pheromone Trap catch and spatial analysis. Environ.Entomol. 19: 370 – 377.
- CAIRO, P.; FUNDORA, H. O. (2007). Edafología. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, págs 160- 163
- CALETINE, R. (2001). *Rhizoctonia solani* Fungi, Basidiomycetes. [en <http://www.ct.gov/caes/cwp/view.asp?a=2823&q=377786>.
- CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J.; PARKIN, T.; KARLEN, D.; TURCO, R.; KONOPKA, A. (1994). Field scale variability of soil properties in central Iwa soils. Soil. Sci. America Journal, 58: 1501 – 1511p.

- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. (1990). Introduction to plant disease epidemiology. John Willey and Sons, New York. 532 p.
- CARDENAS, G. M.; GALVAN, M.; BARRERA, V.; CARMONA, M. (2012). First report of target spot of tobacco caused by *Rhizoctonia solani* AG-2.1. Plant Disease 96, 456- On-line 10.1094/pdis-08-11-0696.
- CARDOSO, J. E.; ECHANDI, E. (1997). Biological control of *Rhizoctonia* root rots snap bean with binucleate *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 74, 692-694p.
- CARLING D. E.; KUNINAGA, S. (1990). DNA Base Sequence Homology in *Rhizoctonia solani* Kuhn: inter and Intragroup Relatedness of Anastomosis Group-9», *Phytopathology* 80:1362-1364, EE.UU.
- CARLING, D. E.; SUMNER, D. R. (1992). *Rhizoctonia*. Methods in research on soilborne phytopathogenic fungi, APS Press, St. Paul Minnesota, EE.UU, 157-165 pp.
- CARLING, D. E. (1996). Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyfal anastomosis reaction, B. Sneh, S. Jajabi-Hare, S. Neate, G. Dijst *Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and diseases control, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 37-47pp.
- CARLING, D. E.; BAIRD, R. E.; GITAITIS, R. D. ; BRAINARD, K. A. ; KUNINAGA, S. (2002). Characterization of AG-13, a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani*, *Phytopathology* 92:893-899, APS Press, EE.UU.
- CARLING, D. E.; KUNINAGA, S.; BRAINARD, K. A. (2002a). Hyphal anastomosis reactions, rDNA-internal transcribed spacer sequences, and virulence levels among subsets of *Rhizoctonia solani* anastomosis group-2 (AG-2) and AG-BI», *Phytopathology* 92:43-50, APS Press, EE.UU.
- CARRIÓN, J.S.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, P.; MOTA, J.F.; CHAÍN, C. (2003) Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain. *The Holocene* 13: 839-849.
- CARTAYA O.; MARRERO, O.; REYNALDO, I.; PENICHE, C. (2008). Adsorción de iones Cu^{2+} por quitosana y su aplicación al suelo para la protección de las plantas ante la toxicidad del metal. *Cultivos Tropicales*, vol. 29, no. 3, p. 87-91.
- CARTAYA O., PENICHE C.; REYNALDO, I. (2009). Polímeros naturales recolectores de iones metálicos. *Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen* 10(2):81-94.
- CARVAJAL, O. P.; TREJOS, A. A.; CARO, C. A. (2006). Estudio de causas de deserción de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira

-
- entre enero/2000 – diciembre/2004 utilizando la técnica de Análisis de Correspondencias. Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo de 2006 UTP. ISSN 0122-1701 261
- CASANABE, B.; MATSUDA, A. (1989). Studies on the grouping of *Rhizoctonia solani* Kühn pathogenic to beans crops. Appointed experiment. Plant Disease and Insects Pest, : 7, 1-131p.
- CASA, R.T.; KRIEGER, I.; KUHNEM JUNIOR, P.R.; BOGO, A.; MOREIRA, E.N.; PONTEL RIZZI, F. (2011). Podridão radicular em feijão no sistema plantio direto. Revista de Ciências Agroveterinárias, 10(1), 37-43 pp.
- CASANOVA, V. R.; GUERRERO, C. (2005). Análisis de la variabilidad espacial de plagas en el cultivo de la caña de azúcar. (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- CASTELLA, J.; JOURDAIN, D.; TREBUIL, G.; NAPOMPETH, B., (1999). A systems approach to understanding obstacles to effective implementation of IPM in Thailand: Key issues for the cotton industry. Agrie.Ecosyst. Environ., 72 (1): 17-34 pp.
- CASTELLANOS, D.M; QUINTERO, E.; CABRERA, A.B.; REINALDO, Y. (2008). Las enfermedades causadas por hongos del suelo en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*L.), * Agrocentro (IX Simposio de Sanidad Vegetal en la Agricultura Tropical) Centro Agrícola: 32 (3): 15 – 18 pp.
- CASTELLANOS, D. M.; HERRERA, I. L.; RAMOS, Q. R. (2011). Incidencia de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina* en frijol común en Villa Clara. Bases para el Manejo Integrado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía. Villa Clara, Cuba, 136 p.
- CASTIÑEIRAS, A. L. (1992). Germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L. en Cuba. Colecta, caracterización y evaluación. Tesis de doctorado para la obtención del Título de Doctor en Ciencias Agrícolas, INIFAT “Alejandro de Humboldt”, La Habana, Cuba, 98pp.
- CASTRO, M.; RIVILLAS, C. (2005). Bioregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. Boletín cenicafé. Avance técnico n° 336 [en línea]. URL <<http://www.oriusbiotecnologia.com/site/index.php>.
- CASTRO M.; OSORIO, C. (2006). Identificación de grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* Kühn aislados desde papa en la decimal región de Chile. Fitopatología. 41:10-14.

- CAVENDER-BARES, J.; KITAJIMA, K.; BAZZAZ, F.A. (2004). Multiple trait associations in relation to habitat differentiation among 17 oak species in North Central Florida. *Ecological Monographs* 74: 635-662
- CEDEÑO, L.; PANTOJA, H. (1996). *Rhizoctonia solani* AG1-1A, causa principal del añublo de la vaina del arroz en Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 9: 6-9.
- CENTRO NACIONAL DE ARROZ E FEIJAO (CNAF), (1984). Cultura do caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Descrição e recomendações técnicas do cultivo. Circular técnica 18, Brasil, 10p.
- CENTRO DE ESTUDIOS NATURISTAS (CEN), (2001). Las legumbres: En vivir con salud. *Revista Decana del Naturismo*, Año XLVIII, 264, 7-9p.
- CERESINI, P. C.; SHEW, D. H.; VILGALYS, R.; ROSEWICH, L. U.; CUBETA, M. (2002). Genetic structure of populations of *Rhizoctonia solani* AG-3 on potato in Eastern North Carolina, *Mycologia* 94:450-460, EE.UU.
- CENTRO DE ESTUDIOS DE CIENCIAS PEDAGÓGICAS I.S.P. "FÉLIX VARELA". (2003). Aproximación al estudio de la metodología como resultado científico. Villa Clara, Cuba, 145p.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. (1985). The nature and practice of biological of plant pathogens. St. Paul Minnesota, The American Phytopathological Society. 539p.
- COMMON WEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE, (CMI) (1980). Descriptions of pathogenic fungi and bacteria, Kew, Surrey, Inglaterra, 169-409 pp.
- COPEL, W.; RINEHART, T.; CUBETA, M. (2005): Genetics, pathogenic and phenotypic characterization of *Rhizoctonia* spp. Isolated from container-grown Azalea in the Southern United States. *Phytopathology* 95 S 21 (Resumen), EE.UU.
- CORBELLA, R.; FERNÁNDEZ, J. (2006). Materia orgánica del suelo. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán. Disponible en la Web: <https://www.edafologia.org/>.
- COUDUN, C.; GÉGOUT, J. C.; PIEDALLU, C.; RAMEAU, J. C. (2006). Soil nutritional factors improve models of plant species distribution: an illustration with acer campestre (L.) in France. *Journal of Biogeography* 33:1750-1763.
- CREACH, H. (1992), Comportamiento de la producción de frijoles en el monto de las disponibilidades para el consumo durante el período capitalista (1939-1959) y el del triunfo de la Revolución (1959-1989), en Demanda, Revista 7, Año 12.
- CRESSIE, N. (1993). Statistics for spatial data. John Wiley & Sons, New York.

- CRESSIE, N. (2001). Fitting variogram models by weighted least squares. *Mathematical Geology* 27:263 – 286.
- CRUZ, O.J., MONTOYA, A.S., ESTRADA, R.F.; CASTRO, C.J.M. (1999). Extractos vegetales para el control de vectores de enfermedades virales en calabacita en Culiacán, Sinaloa. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen 306.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (1983). Metodologías de Señalización y Pronóstico para las patologías del suelo. Dirección Nacional, MINAGRI, Cuba, 8p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (1984). Metodologías de señalización y pronóstico para *Rhizoctonia solani* y otras patologías del suelo. Boletín Técnico No.4, CID-INISAV, 12 p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (1984). Manual de Interpretación de los suelos de Cuba, Ministerio de la Agricultura. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana, 133 p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (1995) Suelos de la Provincia de Holguín. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, 22 p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (1996). Ciencia y Tecnología en la Agricultura: hortalizas, papas, granos y fibras. Departamento de Investigaciones, Cultivos varios, Holguín, 89p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (1997). Tecnología para la producción del género *Vigna* en Cuba para el consumo humano, La Habana, 50p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (2003). El “Género *Vigna*” para el consumo humano. Boletín Informativo. Folleto editado por el MINAGRI, La Habana, 32 p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (2003). Estrategia de Manejo Integrado para el control de fitopatógenos del suelo. Boletín Técnico No.2, CID-INISAV, 32 p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (2003). Control de plagas y enfermedades en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí). Folleto editado por el MINAGRI, La Habana, 40 p.

- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2003). Bioplagucidas de origen botánico. Nuevas alternativas para el control de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas. Material Editado y Publicado por el Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana, Cuba. 44p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (2008). Organización del Sistema Nacional de Sanidad Vegetal en Cuba. [Web en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.inisav.cu>. [con acceso 22 de mayo de 2016].
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2008)). Estrategia fitosanitaria para el control de las pudriciones radicales y del tallo en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp.(frijol caupí).Material Editado y publicado. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana. 30p.
- CUBA, LABORATORIO CENTRAL DE CUARENTENA VEGETAL (LCCV), (2010). Procedimientos normativos operativos para el aislamiento e identificación de organismos fitopatógenos. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. Departamento de Cuarentena Vegetal. MINAGRI, 45p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2010). Estrategias fitosanitarias para el control integrado de las pudriciones radicales y del tallo en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp.(frijol caupí) y *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Material Editado y publicado. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana. 30p.
- CUBA, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE SANIDAD VEGETAL (INISAV) (2012). Principales plagas claves, potenciales y ocasionales del cultivo de los granos en Cuba. Boletín Informativo, MINAGRI, La Habana, 17p.
- CUBA, CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ECONOMÍA CUBANA (CEEC) (2012). Situación de la producción de frijol en Cuba y América Latina. Conferencia Magistral en Evento Nacional sobre el cultivo de las Vignas en el Trópico. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA), Ciudad de la Habana, Cuba.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2014). Variedades comerciales de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) para la producción de grano seco en la provincia de Holguín, Cuba. Material Editado y Publicado. Departamento de Granos. Delegación Provincial de la Agricultura en Holguín, 17 p.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2016). Informe anual sobre la producción de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) en la Provincia Holguín. Material Editado por el Departamento de Granos, Delegación Provincial de la Agricultura en Holguín. 44p.

- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2016). Informe Nacional sobre la Tenencia de la Tierra en Cuba, Superficie agrícola y cultivada por formas de tenencia. Departamento de Estadística, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA (MINAGRI) (2017). Proyección Estratégica para la producción de frijol caupí en la provincia de Holguín hasta el 2021. Material Editado por el Departamento de Granos, Delegación Provincial de la Agricultura en Holguín. 17 p.
- CUBERO, J. L. (1983). Leguminosas de granos. Mundi prensa, Editorial Madrid, España, 168p.
- CUBETA, M. A.; ECHANDO, E.; ABERNETHY, T.; VILGALYS, R. (1991). Characterization of anastomosis groups of binucleate *Rhizoctonia spp.* Using restriction analysis of an amplified ribosomal RNA gene», *Phytopathology* 81:1395-1400, EE.UU.
- CUBETA, M. A.; VILGALYS, R.; GONZÁLEZ, D. (1995).Molecular analysis of ribosomal RNA genes in *Rhizoctonia Fungi*», Sneh, B.; Jajabi-Hare, S.; Neate, S.; Dijst, G.: *Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and diseases control, Kluwer Academy Publishers, Dordrecht, Holanda, pp. 81-86.
- CUBETA, M. A.; VILGALYS, R. (1997). Population biology of the *Rhizoctonia solani* Complex, *phytopathology* 87(4):480-484, EE.UU. 1997.
- CUBETA, M. A.; VILGALYS, R. (2000). *Rhizoctonia*, Encyclopedia of Microbiology, Academic Press 4, EE.UU. 109-117 pp.
- CUBILLO, D.; HILJE, L.; CARTIN, V.M. (1996). Distribución espacial y comparación de métodos de muestreo de larvas de *Keiferia lycopersicella* (Lepidoptera: Gelechiidae), en Alajuela, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 39:10-16.
- CUERVO, U. Y.; SOROA, C.A.; BASANTE, B. G. (1998). Respuesta del chile inoculado con micorrizas al ataque de *F. oxysporium* y *R. solani* durante el trasplante bajo condiciones de invernadero. Tercer Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. Junio 1-5. La Habana. Cuba. Resumen. 466. pp
- CHAPMAN, D.; ATKINSON, N. L. (2000). Methods for sampling soil microbes. In: Hurst C. J., Knudsen G. R., McInerney M. J., Stetzenbach L. D. y Walter M. V. (Eds.). Manual for environmental microbiology. American Society of Microbiology. EUA.
- CHAVECO, O. (1996). Evaluación de 13 materiales de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) procedentes de Nigeria, para las condiciones de la

-
- provincia de Holguín. Informe Investigación. Material no publicado, ETIA-H, Holguín, 11p.
- CHAVECO, O. (2005). Evaluación de líneas de frijol común (*P. vulgaris*, L.) bajo dos condiciones de humedad utilizando criterios de selección. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. Universidadde Holguín.80 p.
- CHAVECO, O. (2006). Evaluación de las enfermedades fungosas asociadas al frijol caupí, en diferentes variedades y dos fechas de siembra. Tercer Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. MINAGRI, Holguín, 21p.
- CHAVECO, O.; GARCÍA, E. (2009). Desarrollo sostenible de los sistemas de cultivo de granos básicos en varias localidades de la provincia de Holguín. Informe técnico proyecto de investigación. Grupo de granos, UEICA, Holguín, 29p.
- CHAVECO, O; GARCÍA, E.; PERMUY, A. N.; CONCEPCIÓN, A. (2010). Evaluación de parámetros de rendimientos en variedades comerciales de frijol caupí en la provincia de Holguín. II Congreso de Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. INCA, La Habana, Cuba, 17p.
- CHAVECO, O.; GARCÍA, E. (2012). Evaluación fitosanitaria de líneas de frijol caupí, procedentes de Nigeria. VII Evento Científico Nacional sobre el cultivo de los granos. UEICA, Holguín, 23p.
- CHELLIMI, D.O.; ROHRBACH, R. S.; YOST, R. S.; SONADA, R. M. (1988). Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and disease plant using geostatistics. *Phytopathology*, 78: 221-226.
- CHET, I.; HARMEN, G. E.; BAKER, R. (1991). Spatial distribution of *Rhizoctonia solani* in different soil type in Alabama. *Microbiological Ecology*, 21, 29-38p.
- CHET, I.; BAKER, R. (1980). Induction of supressiveness to *Rhizoctonia solani* in soil. *Phytopatology* 70: 994 – 998.
- DASAB, F. A.; SHAHA, R. C.; BUTLERA, R. E.; FALLOONAB, A.; STEWARTB, S.; RAIKARB, A. R.; PITMAN AB. (2013). Plant Pathology Doi: 10.1111/ppa.12139.
- DÁVILA, R. F; SÁNCHEZ, J. R.; GÓNZALEZ, A. (2011). Modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* ((Kühn) Langdon y Fullerton) en Estado de México, México. Rev. FCA UNCUYO. 2011. 43(2): 157-173. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

- DE ARMAS, R., N.; VALLE, L., A. (2011). Resultados Científicos en la Investigación Educativa. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 190 p.
- DE CANDOLLE, A., JAVALERA, R.; CAMPOS, B.G. (1997). Evaluación de extractos vegetales para el control de la cenicilla *Erysiphe cichoracearum*. Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cd. Obregón, Sonora, México. Resumen 46.
- DEANS, S. G.; CASTILLO, H. D. (2004). The antimicrobial properties of marjoram (*Origanum majorana* L.). Flavour Fragrance Journal 5: 187 – 190.
- DE LA GARZA, J. L.; DÍAZ FRANCO, A. (2010). *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Un patógeno importante en los cultivos. Folleto Técnico No 2. UNAM. Narín. Nuevo León. México.
- DELAVILLE, C.C.; SCHEMSKE, D. W. (1995). Spatio temporal variation in demographic transitions of a tropical understory herb: Projection Matrix Analysis. Ecological Monographs , 65(2): 155-192.
- DEMIRCI, E.; EKEN, C.; DANE E, (2009). Biological control of *Rhizoctonia solani* on potato by *Verticillium biguttatum*. African Journal of Biotechnology 8, 2503-7
- DESALEC. CUBA. (2012). [Web en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.medioambiente.cu/deselac/pan.>[con acceso 29 de Mayo de 2016]
- DÍAZ, P. C.; MAUREZUTT, P.; SALAS, G. D. (1978). El hongo *Rhizoctonia solani* patógeno de la Soya en Venezuela, *Agronomía Tropical*, 28 (1), 61-67p.
- DIAZ POLANCO, C.; SALAS, D. G. (1980). Variabilidad en la virulencia de grupos sub-específicos de *Rhizoctonia solani* patogénicos en leguminosas. *Agronomía Tropical* 23: 47-58.
- DÍAZ, M.; LASTRES N.F.; CAÑET; R.; AVILÉS, E.; MATEO, J.; PULDÓN, G. (1996). Escalado de las variedades de frijol caupí de crecimiento determinado INIFAT-93 e INIFAT-94. III Jornada Científica Productiva sobre Vigna en Cuba – I Taller Internacional de Vigna en el Trópico, Holguín, Cuba, 41p.
- DÍAZ, P. C.; MAUREZUTT, P.; SALAS, G. D. (1996). El hongo *Rhizoctonia solani* patógeno del frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Venezuela, *Agronomía Tropical*, 28 (1), CENIAP, Maracay, Venezuela 61-67p.
- DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G. A.; BARRACO, M. (2004), Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) diseases, productivity in the sandy Pampas region, Argentina: Agronomy Journal, v. 96, p. 839-844.

- DÍAZ, F. A; CASTRO, E. (2006). Estudio sobre el control biológico de *Sclerotium rolfsii* y otros patógenos del suelo. Disponible en: <http://www.redpavpolar.ifo.ve/agrotrop/v275/v275a006.html>
- DÍAZ, L. G. (2007). Estadística multivariada. Inferencia y métodos. 2 ed. Bogota : Universidad Nacional de Colombia. 570 p.
- DÍAZ, M. (2011). Incidencia de *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina* en frijol común en Villa Clara. Bases para el manejo integrado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 136 p
- DÍAZ, P. M; CASTELLANOS, G. L.; CASANOVAS, C.E.; CARDOSO, C. (2012). Estimación espacial de la intensidad de *Alternaria solani* sor. en el cultivo del tomate en la estación de protección de plantas de Lajas. Revista Investigación Operacional. Vol., 32, No.1, 85-94p.
- DILLARD, H. R. (1997). Characterization of isolates of *Rhizoctonia solani* from Cowpea bean grown in New York State. *Phytopathology*, 87, 748-751p.
- DODMAN, R.; FLENTJE, N. (1970). The mechanisms and physiology of plant penetration by *Rhizoctonia solani*. p. 149-160. In: J. R. Parmeter (ed). *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. University of California. Press, Berkeley.
- DOMINGUEZ, B.; GARCIA, A. (2012). Caracterización y evaluación de aislados de *Trichoderma spp.* para el control de la pudrición basal de la lechuga causada por *Rhizoctonia solani*, en la zona agrícola de Timotes, Estado Mérida. Tesis en opción al título de Magister Scientiarum en Agronomía. Orientación Protección Vegetal. MARACAY, 80 pp.
- DOMINGUEZ, F. (2012). Evaluación del comportamiento de líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades del suelo. Taller Territorial de Agroecosistemas Áridos. CEAAR, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. 12 p.
- DURÁN, E. M.; FORNET, H. E. (2013). Análisis climático sobre los impactos negativos ambientales de la sequía en la Provincia de Holguín. Informe Científico. Centro Meteorológico Provincial de Holguín. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- DURMAN, S.; MENENDEZ, A.; GODEAS, A. (1999). Evaluación de *Trichoderma spp.* como antagonista de *Rhizoctonia solani* in vitro y como biocontrolador en plantas de tomate. Revista Argentina de Micología 31: 13 – 18.

- DUNCAN, S.; BARTON, J. E.; O'BRIEN, P. A. (1993). Analysis of variation in isolates of *Rhizoctonia solani* by random amplified polymorphic DNA Assay», Mycol. Res. 97:1075-1082, Holanda, 1993.
- ECHAGÜE M.; KIEHR M.; ZUAIN. R.; DELHEY, R. (2008). Podredumbre de raíces de maíz, causada por *Rhizoctonia solani* en el oeste de la provincia de Buenos Aires. 1° Congreso Argentino de Fitopatología. Libro de resúmenes, pág. 122.
- ECHÁVEZ, R.; GÓMEZ, J. E. (1997). Rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (RDCP) controlan *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina* en Puerto Rico. IX Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Libro de Resúmenes. Uruguay. Montevideo, p.290.
- EKEN, C.; E. DERMICI. (2003). Identification and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia* anastomosis groups isolated from grain crops. Phytoparasitica 32: 76 – 80.
- ELAD, Y.; KATAN, J.; CHET, I. (1980). Physical, biological and chemical control integrated for soil-borne disease in potatoes. *Phytopathology* 70:418-422.
- ELLIS, R. H.;LAWN, R. J.; SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, Q.; CHAY, E. M. (1994). Toward the reliable prediction of time to flowering in six annual crops cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Experimental Agriculture*, 30, 12-29p.
- EMECHEBE, A.M.; SHOYINKA, S.A. (1995). Fungal and Bacterial disease of cowpea in Africa. Cowpea research, production and utilization. Edited by S.R. Sing & K. O. Rachie.Ibadan, Nigeria, 10p.
- EMMEN, D.A. (2001). Técnicas de muestreo poblacional de insectos. Distribución espacial (método tradicional y de precisión). Entomología Agrícola, Universidad de Panamá, Panamá. 12 p.
- EMMEN, D.A. (2004). Técnicas de muestreo poblacional de insectos. Distribución espacial (método tradicional y de precisión). Programa de Maestría en Entomología Agrícola, Universidad de Panamá, Panamá. 7 p.
- ENGELKES, C.A.; WINDELS, C. E. (1998). Susceptibility of sugar beet and beans to *Rhizoctonia solani* AG-2-2 IIIB and AG-2-2 IV. Plant Dis. 80: 1413-1417.
- ESCALONA, C. N.; GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O. (2002). Comportamiento Agronómico de variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en dos municipios de la provincia de Holguín. Tesis de Maestría en opción al Título de Master en Producción Vegetal. Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Bayamo M.N., 98p.

- ESCALONA, C. N.; GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O. (2006). Evaluación fitosanitaria de variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en diferentes municipios de la provincia de Holguín. IV Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín, ISBN.978.959.16.10102. 8p.
- ESCALONA, C. N.; GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O. (2008). El cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Micoflora patogénica asociada al cultivo, su distribución e incidencia en la provincia de Holguín. En Compendio de investigaciones Agropecuarias, Tomo III. Edit. Agrinfor. ISBN: 978-979-341-193-2).
- ESCALONA, C. N.; GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O. (2012). Evaluación de diferentes parámetros de rendimiento en variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) bajo condiciones de riego y secano. Informe de investigación. Proyecto COSUDE. UEICA, Holguín, Cuba. 32 p.
- ESCALONA, Y.; RODRÍGUEZ, D.; HERNÁNDEZ, A. (2012). Estudio de *Rhizoctonia solani* Kühn aislado de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los estados de Táchira, Mérida y Lara. Virulecia y caracterización. Bioagro (24) (1) : 163 – 168.
- ESCANDE, A. R.; ECHANDI, E.; FERRIS, H. (1994). Effect of growth media, storage environmental, soil temperature delivery to soil on binucleate *Rhizoctonia solani* for protection of potato from *Rhizoctonia* canker. *Plant Pathology*,40, 190-196p.
- ESCANDE, A.; BUSCKI, R.; REYBET, N.; RODRIGUEZ, M.; RAMIREZ, D.A. (1999). Manejo de la sanidad del cultivo del tomate, mediante la solarización y antagonistas. *Revista de Fitopatología Argentina* 34 (2): 57.
- ESHEL, D.; GAMLIEL, A.; DI PRIMO, P.; KATAN, J. (2001). Combined soil treatment and sequence of application in improving the control of soil borne pathogenes. *Phytopathology* 90: 751 – 757.
- ESPINOSA, R. R.; HERRERA, I. L.; BRAVO, S. L. (2012). Efecto alelopático de *Terminalia catappa* L. sobre los hongos fitopatógenos del suelo *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad central “Marta Abreu” de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía, Santa Clara..
- ESQUEDA, V. M.; ZENTENO, M. (1995). Efecto del acolchado con polietileno sobre micoflora asociada al cultivo del frijol. *Anales Inst. Biol. Univ. Autón. México, Ser. Bot.* 61 (1): 11-20.
- ESTEVEZ, DE J. C.; MERONUCK, R.; PERCICH, J. A. (1998). Etiology and control of kidney bean root rot in Minnesota. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 41:55-57.

- ESTRADA, A., (1998). Geostatistics and remote sensing as predictive tools of tick distributions: a cokriging system to estimate ixodes scapularis (Acari: Ixodidae) Habitat suitability in the United States and Canada from advanced very high resolution radiometer satellite imagery. J. Med. Entomol. 35(6): 989-995.
- FAO- UNESCO-ISRIC. (1988). Soil map of the world. Revised Legend. World Soil Resources Report No. 60. FAO, Rome, Italy, 119p.
- FAO (1990). Prueba regional de cultivares de Caupí. EMBRAPA, Santiago de Chile, 5-21p.
- FAO. (2006). CROPWAT Versión 8.0. Disponible desde internet en: <http://www.Fao.org/nr/water/infores-databases-cropwat.html>
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO, Riego y Drenaje (56) ISBN 92-5-304219-2 ISSN 1020-4393.
- FAO. (2006). Producción Mundial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [en línea]. Disponible en <http://faostat.fao.org/faostat/default.jop>.
- FARR, D. F., BILLS, G. F.; CHAMURIS, G. P.; ROSSMAN, A. Y. (1995). Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press. St. Paul, Minnesota. 1252 pp.
- FARR, D. F.; BILLS, G. F.; CHAMURIS, G. P.; ROSSMAN, A. Y. (2003). Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press. St. Paul, Minnesota. 1252 pp.
- FENILLI, R. C.; CIAMPI, M. B.; KURAMAE, E. E.; NILTON, L. S. (2003): Identification of *Rhizoctonia solani* associated with soybean in Brazil by rDNA-ITS sequences. Fitopatol. Bras. 28 (4):413-419.
- FERNÁNDEZ, A., (2008) Metodología para gestionar el progreso del potencial humano de las SUM en La Habana. Ciudad de la Habana, 115 h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de la Educación. Universidad de la Habana, Cuba. 110p.
- FERNÁNDEZ, A., (2010). Obtención de una Metodología, como resultado científico en investigaciones sobre dirección. Revista Saber, Ciencia y Libertad ISSN: 1794-7154. 119- 126p.
- FERNÁNDEZ, S. A.; VELOZ, A. A. (2014). Consideraciones para la obtención de una metodología como resultado científico, en investigaciones sobre gestión universitaria. Ponencia presentada en 4to Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria. Universidad Técnica de Manabí. Área del conocimiento: educación. Temática: gestión universitaria. Ecuador.

- FERRUCHO, R. L.; CIFUENTES, J. M.; CERESINI, P.; GARCIA, D. C. (2012) *Rhizoctonia solani* GA-3PT es el principal patógeno asociado con el chancro del tallo y la sarna negra de la papa en Colombia. *Agron. colomb.* [online]. vol.30, n.2, pp.204-213. ISSN 0120-9965.
- FERRY, R. L.; JANICK, J. (1980). Response of tomato tompo pullation pressure. *Jornal American Society Horticultural Science*, 75(5), 614-624p.
- FERRY, R. L. (1990). Cowpea production in the United State and Incidence of the main disease in the California State. *Hort. Science*, 16, 474-476p.
- FERRY, R. L. (1991). The genetics of Cowpea: A Reviw of world literature. United State Department of Agriculture, Agriculture Research Service, US Vegetable Laboratory, Charleston, South Carolina, 59p.
- FERRY, R. L.; JANICK, J. (1991). Fungal and bacterial disease of Cowpea in the California State. *Jornal American Society Horticultural Science*, 85(5),414-424p.
- FIERS, M.; EDEL-HERMANN, V.; HÉRAUD, C.; GAUTHERON, N.; CHATOT, C.; LE HINGRAT, Y.; BOUCHEK-MECHICHE, K.; STEINBERG, C.; (2011). Genetic diversity of *Rhizoctonia solani* associated with potato tubers in France. *Mycologia* 103, 1230-44.
- FIXEN, P.E.; SNYDER, C. S.; REETZ, H. F.; YAMADA, T.; MURRELL, T. S. (2004). Nutrient management of soybeans with the potential for asianrust infection. En <http://www.ppi-far.org>.
- FLADOS, N.D. (1988). Ecological factors affecting growth and formation of sclerotia in *Sclerotium rolfsii*. *Phytophatology*, 81, 275-286p.
- FLORES, O. A.; EGGER, K. N (1997). Nuevas tecnologías en la detección y el análisis genético de fitopatógenos. 56p.
- FOLGUERAS, M. (2010). Las pudriciones radicales de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Cuba. Etiología. Epifitiología y manejo. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UCLV. Santa Clara. Cuba. 98 p.
- FORNET, H.E.; GUTIÉRREZ, C.; KINDELÁN, A.; SABLÓN, C.; MARTÍNEZ, M. (1990). Relación de hongos fitopatógenos de plantas medicinales en Cuba. Edición del Centro de Información y Documentación Agropecuaria. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana 40 p.
- FORNET, H. E.; REYES-FORNET, A.; DURÁN, M.G. (2010). La Bioclimatología y su utilidad en los estudios de la diversidad biológica: experiencias en la Provincia Holguín, Cuba. *Revista Electrónica Ciencias Holguín*. Año XVI, No. 1, <http://www.ciencias.holguin.cu/2010/Marzo/articulos/ART15.htm>

- FORNET, H. E.; BERMÚDEZ, J. M. M.; MARTÍN, P. Y.; REYES, F. A. (2017). Fase conclusiva de proyectos: su relevancia en la obtención de resultados aplicables". Revista Electrónica Ciencias Holguín. Volumen 23. No. 2. Mes abril. <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/>
- FORNET, H. E.; REYES, F. A.; GRILLO, M. C.; OCHOA, F. A. (2020). La investigación científica gestionada por proyectos en función de la gestión ambiental. Boletín Bimestre Holguinero. SEAP.RNPS.2419.ISNN.2664.0708. :https://www.seapcuba.cult.cu/wp-content/uploads/2020/05/Bolet%C3%ADn-Bimestre-Holguinero-No.1_2020.pdf
- FRANKLIN, J. (1998) Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. Journal of Vegetation Science 9: 733-748
- FRAYRE, S.L.; DOMÍNGUEZ, A.A.D.; GARCÍA, A.B.; SÁNCHEZ, H.H.A. (1996). Evaluación de extractos vegetales para el control de la mancha negra *Phytophthora sp.*, en el cultivo del pepino. Memorias del IX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria; INIFAP-Produce, publicación especial No. 9. Villa Hermosa, Tabasco, México. pp. 61-68.
- FRAYRE, S.L., GARCÍA, A.B., SÁNCHEZ, H.H.A. Y DOMÍNGUEZ, A.A.D. (1996a). Evaluación de extractos vegetales para el control de la cenicilla vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*). Memorias del IX Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria; INIFAP-Produce, publicación especial No. 9. Villa Hermosa, Tabasco, México. pp. 61-68.
- FREIRE FILHO, F.R.; QUEIRÓZ R. V.; BARRETO, P. D.; FERNANDES SANTOS, S. A. (2003). Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. EMBRAPA, Brasil.
- FROILÁN, F. B.; BAUZA, A. V. (2004). Introducción a la agrometeorología. Curso Facultativo de Biología. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- GALINDO, J. J.; ABAWI, G. S.; THURSTON, H. D.; GALVEZ, G. (1992). Characterization of *Thanatephorus cucumeris* isolates causing web blight of beans in Costa Rica. Turrialba. 45 (6): 247- 255.
- GALINDO, J. J.; ABAWI, G. S.; THURSTON, H. (1999). Variability among isolate of *Rhizoctonia solani* associated with snap bean hypocotyls and soils in New York. Plant Dis. 66 (5): 390-394.
- GALVEZ, G. E.; MORA, B., PASTOR-CORRALES, M. A. (2001). Cowpea bean, production, diseases and problems in the Tropic, 2nd ed. H. F. Schwartz and M. A. . CIAT, Cali, Colombia, 22 p.
- GAMBOA A. R.; HERNÁNDEZ, C. D.; GUERRERO, R. E.; SÁNCHEZ, A. A. (2002). Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y

-
- Phytophthora infestans* Mont. (De Bary) con extractos vegetales metanólicos de Hojasén (*Flourensia cernua* D.C.), Mejorana (*Origanum majorana* L.) y Trompetilla (*Bouvardia ternifolia* (Ca.) Schlecht.). Revista Mexicana de Fitopatología, enero-julio, año/vol. 21, número 001. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México, pp. 13-18.
- GARCÍA, S. E. (1990). El frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en la provincia de Holguín. Conferencias editadas por el MINAGRI de la Provincia Holguín, 100p.
- GARCÍA, S. E. (1992). Estudio del frijol Caupí para granos en la provincia de Holguín. Ponencia presentada en el XV Forum de Piezas de Repuestos Provincial, Holguín, Cuba, 8p.
- GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O.; CONCEPCIÓN, A. L.; PERMUY, A. N. (1993). Listado de los organismos fungosos asociados al frijol caupí en la provincia de Holguín. Evento Nacional por el 90 Aniversario del Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical. MINAGRI, La Habana, 7p.
- GARCÍA, S. E. (1996). El cultivo del frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Orientaciones Técnicas sobre el cultivo. MINAGRI, ETIA-H, Holguín, 15p.
- GARCÍA, S. E. (1998a). El cultivo del frijol Caupí una alternativa para la producción de granos. Material editado por el MINAGRI de Holguín, ETIA-H (Grupo de Granos), Holguín, 30p.
- GARCÍA, S. E. (1998b). Estudio del frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Curso sobre Tipificación y Regionalización del cultivo de los granos en la provincia de Holguín, ETIA-H, Holguín, 55 - 63p.
- GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O.; CONCEPCIÓN, A. L.; PERMUY, A. N. (1999). Principales plagas y enfermedades que afectan el frijol caupí en la provincia de Holguín. Primer Simposio Provincial sobre Investigación, Desarrollo y Extensión Agropecuaria. ETIA-H. MINAGRI, Holguín, 8p.
- GARCÍA, S. E.; CHAVECO, O.; CONCEPCIÓN, A. L.; PERMUY, A. N. (2001). El cultivo del frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Potencialidades y alternativas para su aprovechamiento en la agricultura cubana. Conferencia impartida y editada en Encuentro Provincial de Productores de Granos. MINAGRI. Holguín 40 p.
- GARCÍA, S. E. (2003). Instrucciones básicas para el cultivo y utilización del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en condiciones de bajos insumos. Proyecto COSUDE. "Fortalecimiento de los Sistemas Locales de Producción de Granos y Fitomejoramiento participativo para el mejoramiento de los Sistemas Locales de Semilla. Material Editado. UEICA, MINAG, Holguín. 110p.

- GARCÍA, E.; CONCEPCIÓN, A; CHAVECO, O. (2004). Evaluación fitosanitaria de líneas defrijol caupí en áreas de producción a gran escala de la provincia de Holguín. Informe de Investigación. Material no publicado, UEICA, MINAGRI, Holguín, 22 p.
- GARCÍA F.J.; RODRÍGUEZ, J. A.; ARRANZ, A.; BLANCO, F.; GUIADO, H. (2004). Geostatistical methods were applied to obtain some Maps of spatial dispersion in a tomato field of *Helicoverpa armígera* (Hiibner) catches, monitored with 112 sex pheromone traps. Bol. San. Veg. Plagas, 30: 733-744.
- GARCÍA, E.; CONCEPCIÓN, A; PERMUY A.N.; CHAVECO, O. (2005). Potencial productivo de líneas de frijol caupí procedentes de Nigeria y su extensión, en áreas agrícolas de la provincia de Holguín. Conferencia magistral editada. Evento Regional del cultivo de las Vignas en el Trópico. MINAGRI, Holguín.
- GARCÍA, E.; CONCEPCIÓN, A; PERMUY A. N.; CHAVECO, O. (2006). Evaluación agroproductiva de diferentes líneas de frijol caupí en agroecosistemas típicos del cultivo en la provincia de Holguín. Informe de investigación. Material publicado. Evento Nacional sobre Beneficiarios de Proyectos, DECAP. Ciudad de Holguín, Holguín, Cuba. 15p.
- GARCÍA, P. J; CABRERA, S. R.; SÁNCHEZ J. J.; PÉREZ, A. A. (2007). Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela. Agronomía Trop. v.58 n.4 Maracay.
- GARCÍA, M. B.; GUZMÁN, D.; GOÑI, D. (2008). An evaluation of the status of five threatened plants species by different sampling methods. Biological Conservation, 107: 142 – 152.
- GARCÍA, P. J; CABRERA, S. R.; SÁNCHEZ J. J.; PÉREZ, A. A. (2008). Evaluación de la incidencia y alternativas para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn en localidades del Estado de Mérida, Venezuela. Agronomía Trop. v.58 n.4 Maracay.
- GARCÍA, S. E.; H. RODRÍGUEZ; GONZÁLEZ, M. B. (2008). Guía técnica para la producción del cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) para granos. Material publicado. Grupo Técnico Asesor de Granos. ETIA-H. MINAG, Holguín, 10p.
- GARCÍA, S. E.; RODRÍGUEZ, H.; GONZÁLEZ, M. B. (2009). Comportamiento de variedades de frijol caupí ante los brúchidos y enfermedades transmitidas por el suelo. Informe de Investigación. Material no publicado, ETIA-H. MINAGRI, Holguín, 10p.

- GARCÍA, E.; CHAVECO, O. (2010). Nuevo Instructivo Técnico para el cultivo del frijol caupí en la provincia de Holguín. Material editado por el MINAGRI de Holguín, UEICA, (Grupo de Granos), Holguín, 20p.
- GARRIDO, R., M. (1998). Incidencia y distribución de hongos patógenos que atacan al cultivo de arroz. Boletín informativo. Lima, Perú. Disponible en <http://www.ecured.cu/index.php/>
- GARRIDO, R., M. (2009). Etiología de la pudrición de los tallos y las vainas del arroz. Disponible en [http://www.ecured.cu/index.php/Rhizoctonia solani](http://www.ecured.cu/index.php/Rhizoctonia_solani).
- GEORGE, T. A. (1988). Pest and Disease of Cowpea in different places of Texas, California. *Plant Disease Report*, 54, 40-44p.
- GERSON, V.; YATHOMY, S.; KATAN, J. (1995). A demonstration of bulb mite control by heating of the soil. *Phytoparasitica*, 9: 153-155.
- GIOVANNINI, C.; ANDRADE, N.; VALENZUELA, E.; CASTRO, I.; CONTRERAS, A. (2005). Caracterización morfológica y patógena de *Rhizoctonia solani* Kühn a partir de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) provenientes de diferentes predios de la X Región de Chile. IDESIA (Chile). Volumen 23, Num.1, 13-18 p.
- GIRALDO, R. (2005): Introducción a la geoestadística. Teoría y Aplicación. Facultad de Ciencias Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en http://www.reddeagriculturaprecision.unal.edu.co/doc/Publicaciones/LIBRO_%20DE%20_GEOESTADISTIC .
- GODOY-LUTZ, G.; ARIAS, J.; STEADMAN, J.R.; ESKRIDGE, K.M. (1996). Role of Natural Seed Infection by the Web Blight Pathogen in Common Bean Seed, Damaged Seedling Emergence, and Early Disease Development. *Plant Disease* 80:887-890.
- GODOY-LUTZ, G.; KUNINAGA, S.; STEADMAN, J.R.; POWERS, K. (2008). Phylogenetic analysis of *Rhizoctonia solani* subgroups associated with web blight symptoms on common bean based on ITS-5.8S rDNA. *Journal of General Plant Pathology* 74, 32-40
- GÓMEZ, A.; JUSTE, C.; DESENFANTS, C., BRUN, T.; LOPEZ, C. (1986). Echantillonnage des sols en vue du suivi de evolution des teneurs en metaux lourds. INRA Report, Bordeaux.
- GÓMEZ, C. M.; BRIZUELA, E.; HERNÁNDEZ, O.; MÉNDEZ, I. E. (1996). Comportamiento de 11 variedades de *Vigna unguiculata* L. Walp., al ataque de los Brúchidos en condiciones de almacenamiento. III Jornada Científico Productiva sobre *Vigna* en Cuba. I Taller Internacional del cultivo de *Vigna* en el Trópico, Holguín, 60p.

- GÓMEZ, S. M. (1998). Análisis de la variabilidad espacial de las propiedades generales, elementos nutritivos y metales en el suelo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña. 273 pp.
- GÓMEZ-APARICIO, L., GÓMEZ, J.M.; ZAMORA, R. (2005) Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. *Journal of Ecology* 93: 1194-1202.
- GÓMEZ, P. M.; LÓPEZ, C. V. (2009). Comportamiento y distribución de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), en dos entidades productivas de la localidad de Arroyo Seco, municipio Gibara. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba. 72p.
- GÓMEZ, F. A.; LÓPEZ, C. V.; PUPO, P. E. (2011). Distribución e incidencia de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc y *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) en la provincia de Holguín. *Forum Tecnológico de Sanidad Vegetal*. Ciudad de Holguín, Holguín, Cuba. 12p.
- GÓMEZ, F. A.; LÓPEZ, C. V.; PUPO, P. E. (2012). Evaluación de los daños provocados por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc y *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí), en la provincia de Holguín. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba. 85p.
- GONZÁLEZ, A. M.; MARRERO, H.; HERRERA, F (1982). Comportamiento y grado de severidad de *Macrophomina phaseolina* en diferentes variedades de frijol común. *Ciencias de la Agricultura*, 12, 17-21p.
- GONZALEZ, R. P.; HERRERA I. L.; SUÁREZ N.; DÍAZ M.; PÉREZ C.; GONZÁLEZ, A. M. (1985). Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Editorial Científico Técnica. Ciudad de La Habana. Cuba. 152 p.
- GONZÁLEZ, A. M.; MARRERO, H.; HERRERA, F. (1987). Comportamiento y grado de severidad de *Macrophomina phaseolina* en diferentes variedades de frijol común. *Ciencias de la Agricultura*, 12, 17-21p.
- GONZÁLEZ, S.F.A.; GUEVARA, M.M.M. (1990). Determinación de la persistencia de la actividad bactericida de la resina de *Larrea tridentata* sobre *Pseudomonas solanacearum* en laboratorio e invernadero. Memorias del XVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa, México. p. 107.
- GONZÁLEZ, D.; CARLING, D. E.; KUNINAGA, S.; VILGALYS, R.; CUBETA, M. (2001). Ribosomal DNA systematics of *Ceratobasidium* and *Thanatephorus* with *Rhizoctonia* Anamorphs, *Mycologia* 93 (6):1138-1150, EE.UU., 2001.
- GONZÁLEZ, V.; SALAZAR, O.; JULIÁN, M.C.; ACERO, J.; PORTAL, M. A.; MUÑOZ, R.; LÓPEZ, H.; GÓMEZ, E.; LÓPEZ, P.; RUBIO, V. (2003). *Ceratobasidium albasitensis*, a New Rhizoctonia-Like Fungus Isolated in Spain», *Persoonia* 17:601-614, Holanda.

- GONZÁLEZ, M. (2004). Utilización de *Trichoderma spp.* para el control de hongos patógenos de la semilla y del suelo en el cultivo del frijol», Fitosanidad 8(1):61.
- GONZÁLEZ, M.; MANRIQUE, J. L. (2004). Evaluación de dos tipos de muestreos en áreas con aplicación de *Trichoderma spp.* para el control de hongos patógenos del suelo en el cultivo del frijol común y caupí, Fitosanidad 7(3):61.
- GONZÁLEZ, D.; VILGALYS, R.; CUBETA, M. (2006). Phylogenetics utility of indels within Ribosomal DNA and β -Tubulin sequences from fungi in the *Rhizoctoniasolani* complex», Molecular Phylogenetics and Evolution 40:459-470, Holanda.
- GONZÁLEZ, V.; PORTAL-ONCO, M. A.; RUBIO-S. V.(2006). Review. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia*, Spanish Journal of Agricultural Research 4 (1):55-79, España.
- GONZÁLEZ, J. (2007). Estudio de indicadores ecológicos y otros, de la comunidad de insectos fotofílicos presente en un agroecosistema cañero. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Holguín, Cuba, 120 p.
- GONZÁLEZ, D. (2007). Micoflora patogénica en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y habichuela (*Vigna unguiculata sesquipedalis*), su efecto en la germinación y su control. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV, Villa Clara, Cuba. 89p.
- GONZÁLEZ, G. M. (2008). Aspectos de sistemática y biología del complejo *Rhizoctonia*. Reseña bibliográfica, Fitosanidad vol. 12(3): 147 – 159, Cuba.
- GONZÁLEZ, G. M. (2008a). Caracterización de aislamientos del complejo *Rhizoctonia* obtenidos en semilleros de tabaco. Resumen de Tesis. Fitosanidad, Vol. 12, no. 4. Diciembre, pág. 235.
- GONZÁLEZ-ROBAINA, F.; HERRERA-PUEBLA, J.; LÓPEZ, S. (2009). Factor de respuesta al agua de cultivos de interés agrícola en suelo Ferralítico Rojo del sur de La Habana Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba.vol. 18, num. 3, a, pp. 7-13
- GONZÁLEZ, G. M.; RAMOS, E.; CHACÓN, O.; PÉREZ, B. Y.; RAMÍREZ, O. (2009). Primer reporte de *Rhizoctonia* binucleada causante de la Pudrición del tallo en Semilleros de tabaco en Cuba. Fitosanidad V.13 n3. Ciudad de la Habana.
- GOOVAERTS, P. (1997). Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New York.

- GUTIERREZ, B.; GONZALEZ, M.; SALIH, A.(2006). Caracterización de aislamientos de *Rhizoctonia solani* Kühn que inducen pudriciones radicales en cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L). Bioagro, 18: 63 - 64.
- GRADUSOV, B.P.; CHERNIAJOVSKY, A.G.; CHIGCHIKOVA, N.P. (1987): Composición mineralógica de la parte arcillosa del suelo en relación con la evolución ambiental de Cuba (en ruso). Génesis y productividad de los suelos de regiones sureñas y su utilización. Inst. Suelos V.V. Dokuchaev, Moscú, pp 106-113.
- GRAHAM, M.H.; HAYNCS, R. Y. (2004). Organic matter and the size, activity and metabolic diversity of the soil microbial community in the row and inter-row of sugarcane under burning and trash retention”, Soil biology & Biochemistry, 38: 21-31.
- GRAHAM, R.; CHEN, J.; FREEMAN, M. (2006). Spatial analysis of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* disease in the San Joaquin Valley of California: Factors affecting pathogen distribution and spread. Plant Disease 92: 381-416.
- GROVES, R.L.; CHEN J.; CIVEROLO, E.L.; FREEMAN, M.W.; VIVEROS, M.A. (2005). Spatial analysis of almond leaf scorch disease in the San Joaquin Valley of California: Factors affecting pathogen distribution and spread. Plant Disease 89:581-589.
- GUENKOV, G. (1980). Fundamentos de la Horticultura Cubana. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, Cuba, 335p.
- GUERASIMOV, I. P.; GLAZOVSKAYA, A. (1965): Fundamentals of Soil Science and Soil Geography. Israel Program Translations, Jerusalem, 380 p.
- GUERRERO C.; VERA, R. (2005). “Análisis de la variabilidad espacial de plagas en el cultivo de la Caña de Azúcar” (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral).
- GUERRERO, M. A. (2005). Spatial variability of diseases and pest in agricultural oil southern Spain. Plant and Soil, 248: 92-108.
- GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135: 147-186.
- GUISAN, A.; THUILLER, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecological Letters 8: 993-100
- GUILLÉN, R.; HERNÁNDEZ, F.; GALLEGOS, G.; RODRÍGUEZ, R.; AGUILAR, C.; PADRÓN, E.; REYES, M.(2006).*Bacillus* spp. como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y

-
- Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de Chile», *Revista Mexicana de Fitopatología* 24(2):105-114, México, <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/612/61224204.pdf>
- GURKINS, R.S.; JENKINS, S.F. (1985). Influence of cultural practices, fungicides and inoculum placement of Southern blight and *Rhizoctonia* crown rot of carrot. *Plant Disease* 69(6): 477-481.
- GUTIERREZ, B., GONZALEZ, M.; SALIH, A. (2006). Caracterización de aislamientos de *Rhizoctonia solani* Kühn que inducen pudriciones radicales en cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 18: 63 - 64.
- GUZMÁN P. R.; PAUZA, G. R.; GARCÍA R. (2004). Distribución espacial de la pudrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.F.Sp.Phaseoli (Burk.) Snyd y Hans. En la Vega de Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, julio – diciembre, año/vol.22, número 002.Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón; México 246 – 258 pp.
- HADAR, Y.; CHET, I.; HENIS, Y. (1999). Biological control of *Rhizoctonia solani* damping – off with wheat bran culture of *Trichoderma harzianum*. *Phytopatology* 69: 64 – 68.
- HAGAN, D. (2005). Biological control of soil- borne pathogens bay fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews in Microbiology* 3: 307 – 319.
- HALL, A. E.; FUSTER, K.W.; WAINES, J.G. (1989). Crop adaption to semi-arid environments. *Ecology Studies*, 34, 148-179p.
- HALL, D.; CHILDERS, C.; EGER, E.; ALLEN, J. (1997). Citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) counts on fruit and the negative binomial distribution. *Florida Entomologist.*, 80 (1): 1-10.
- HARDY, G.J.; SIVASITHAMPARAM, K. (2005). Antagonism of fungi and actinomycetes isolated from composted eucalyptus bark to *Phytophthora drechsleri* in a steamed and non-steamed 15 composted eucalyptus bark amended container medium. *Soil Biol. Biochem.* 37: 133 - 136 .
- HARMAN, G. E. (2007). Myths and Dogmas of Biocontrol: Changes in Perceptions Research on *Trichoderma harzianum* t-22», *Plant Disease*, 84:377-393.
- HARMAN, G.; BJORKMAN, T.; ONDIK, K. Y. (2009). Changing paradigms on the mode of action and uses of *Trichoderma spp.* for biocontrol of the soil borne- pathogens. Department of Horticultural Sciences, Cornell University, Geneva, NY, USA. Pag. 1-6.
- HARRIS, A. R.; FERRIS, H. (1991). Interactions between *Fusarium oxysporium* f. sp. and *Meloidogyne sp* in *Vigna unguiculata*. Effects of different inoculum densities on *Fusarium wilt*. *Plant Pathology*, 40, 445-456p.

- HARRIS, A. R.; SCHISLER, D. A.; NEATE, S. M. (1999). Culture of *Rhizoctonia solani* on organic substrates for inoculation of seedlings in fields. *Soil Biology & Biochemistry*, 28, 532-535p.
- HENDERSON, D. (2010). *Rhizoctonia solani*, Trasplantes y plantas. Disponible desde http://ceimperial.ucdavis.edu/newsletterfiles/Articulos_Eleidos_de_Agricultura28523.pdf interned
- HENIS, Y.; GHAFAR, A.; BAKER, R.; GILLESPIE, S. L. (1995). A new pellet soil sampler and its use for the study of population dynamics of *Rhizoctonia solani* in soil, *Phytopathology*, 68, 371-376p.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J. M.; BOSCH, D.; RIVERO, L. (1999). Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR, Ciudad Habana, 64p.
- HERNÁNDEZ, C. F.; AGUIRRE, A. A.; LIRA- ZALDIVAR, R.; GUERRERO, R. E.; GALLEGOS, M.G. (2006). Biological efficiency of organic biological and chemical products against *Rhizoctonia solani* and its effects on carrot crop. *Phyton- International Journal of Experimental Botany* 75: 91 – 101.
- HERNÁNDEZ, H. V.; PEREZ, G.; SÁNCHEZ, J. F.; HERRERA, O. M. (2006). Arvenses y ruderales hospedantes de *Rhizoctonia solani* Kühn en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”Unidad Laguna (CE-UAAAN-UL). Departamento de Parasitología. 26-30 pp.
- HERNÁNDEZ, G. (2015). La fijación biológica del Nitrógeno en el trópico e influencia de algunos microorganismos fijadores del nitrógeno sobre el desarrollo de patógenos del suelo. Conferencia sobre el cultivo de las Vignas, MINAGRI- ETIA-H, Holguín, 34p.
- HEPPERLY, P. R. (2001). Incidence of *Rhizoctonia solani* in Soybeans in Puerto Rico. *Plant disease*, 76: (6), 355-356p.
- HERRERA, I. L.; CAMARA, M.; GALANTAI, EVA. (1988): Bioecología y Métodos de lucha contra hongos fitopatógenos del suelo en Cuba. (I). UCLV, 68 pp.
- HERRERA, L.; M. CAMARA (1988). Bioecología y métodos de lucha contra hongos fitopatógenos del suelo en Cuba, Monografía, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 15-28.pp.
- HERRERA, L. 2004.: Los hongos fitopatógenos de Cuba. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 287 pp.

- HIETALA, A. M.; SEN, R.; LILJA, A. (1994). Anamorphic and Teleomorphic Characteristics of a Uninucleate *Rhizoctonia* sp. Isolated from Roots of Nursery Grown Conifer Seedlings», Mycol. Res. 98:1044-1050, Holanda.
- HILLIS, D. M.; DAVIS, S. K. (1986). «Evolution of Ribosomal DNA: Fifty Million Years of Recorded History in the Frog Genus Rana», Evolution 40:1275-1288, EE.UU., 1986.
- HORN, N. L.; FONTENOT, M. F. (1980). Aerial blight of soybean in Louisiana. Proc. South. Soybean Disease workers Conf. , 9, 117p.
- HSIANG, T.; DEAN, J. D. (2001). «DNA Sequencing for Anastomosis Grouping of *Rhizoctonia solani* Isolates from *Poa annua*», International Turfgrass Society Research Journal 9:674-678, Canadá, 2001.
- HUBERT, D. M. (1980). The role of nutrition in defense. In: J.G. Horsfall, and E. B. Cowling (eds.). Plant Disease. An Advance Treatise, Vol. 5. Academic Press. New York, USA. 466p.
- HUBER, D.M.; LEUCK, J. D.; SMITH, W. C.; CHRISTMAS, E. P. (2004). Induced manganese deficiency in GM soybeans. Proceedings of the North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference 20:80-83. Potash & Phosphate Institute, Brookings, SD.
- HULBERT, S. (1990). Spatial distribution of the montane unicorn. Oikos, 58: 257-71
- HULLÉ, M.; SECO, M. V.; NIETO, J. M. (2006). Comparación de la estructura de las poblaciones de áfidos (Hemiptera Aphididae) alados capturados en León por diferentes tipos de trampas. Orsis, 7: 65-77.
- HYAKUMACHI, M.; PRIYATMOJO A.; KUBOTA, M.; FUKUI, H. (2005). Grupos de anastomosis Nueva, AG-T y U-AG, del género *Rhizoctonia* binucleadas. Causantes de la putrefacción de raíz y tallo, *Fitopatología* 95 (7):784-792, la Sociedad Americana de Fitopatología (APS Prensa), EE.UU.
- HWANG, S.F. ; GOSSEN, B.D.; CONNER, R.L.; CHANG, K. F.; TURNBULL, G.D.; LOPETINSKY, K.; HOWARD, R.J. (2007). Management strategies to reduce losses caused by *Rhizoctonia solani* seedling blight of field pea. Canadian Journal of Plant Science 87, 145-55
- IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA)(2008). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central / I IICA/ Proyecto Red SICTA, COSUDE Managua. Nicaragua.
- ICA (INSTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA). (2009). s.f. *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. (Basidiomycota: Basidiomycetes: Ceratobasidiales: Ceratobasidiaceae). (Teleomórfico). [en línea] URL

<<http://www.ica.gov.co/publicaciones/plagas/aster/asterendemica/aster61.htm>.

INDEXFUNGORUM. (2008). Disponible en <http://www.indexfungorum.org/Index.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA (INIA) (2001). Caupí (*Vigna unguiculata* L Walp.). <http://www.inia.gob.pe/EE%20EI%20Porvenir/Cultivos.htm> - 14/03/01.

INSUNZA, B.V.; VALENZUELA, A.A. (1995). Control of nemátodos and soil borne pathogen on garlic (*Allium sativum*) with extracts of medicinal plants from Chile. *Nematropica* 25:35- 41.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI). (1983). Cowpea. Descriptors for Cowpea. IBPGR Secretariat. Rome, 1983. AGPG. IBPGR/82/80. 29 pages.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA) (2008). Species hybridization in the genus *Vigna*. In Proceedings of IITA Collaborators meeting on grain Legume Improvement. Ed. R.A. Luse and Rachie. Ibanda, Nigeria. pp: 11 – 13.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. (1988). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford Univ. Press, New York.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R. M. (1988a). Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics. *Mathematical Geology* 20:313 – 341.

ITURRALDE, M. J.; BALLESTERO, S.; RAMÓN, F. (2002). Retos en el diagnóstico de las intoxicaciones por setas, Simposio de Toxicología en homenaje a Manuel Repetto, Sesión IV, *Rev. Toxicol.* 19:97-144, España.

JAJABI-HARE, S.H.; MELLER, Y.; GILL, S.; CHAREST, P.M. (1990). Investigation of Genetics Relatedness Among Anastomosis Groups of *Rhizoctonia solani* Using Cloned DNA Probes», *Can. J. Plant Pathol.* 12:393-404pp.

JENKINS, S.F.; AVERRE, G.W. (1986). Problems and progress of integrated control of Southern blight on vegetables. *Plant Disease.* 76(7): 614-619.

JIMÉNEZ, S. F.; CORTIÑAS, J.; LÓPEZ, D. (2000). Distribución temporal y espacial y consideraciones para el monitoreo de *Thrips palmi* en papa en Cuba, Manejo Integrado de Plagas 57: 54-57, Costa Rica.

JIMÉNEZ, S. F. (2007). Generación de una metodología de monitoreo y señalización para decisiones sobre control de plagas. Memorias del curso, Taller Internacional sobre Manejo Agroecológico de Plagas en el Sistema de Producción, La Habana, 30-37pp.

- JIMÉNEZ, C., R.A.; RAMÍREZ, D. J.F.; SÁNCHEZ, J.R.;SALGADO, M. L.; LAGUNA, A. (2014). Modelización espacial de huevos de Thrips(Thsanoptera: *Frankliniella occidentalis*) en tomate de cáscara por medio de técnicas geoestadísticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 46: 29-44.
- JOHNK, J. S.; JONES, R. K. (1993). Differentiation of Population of AG-2-2 of *Rhizoctonia solani* by Analysis of Fatty Acids», *Phytopathology* 83:278-283, EE.UU.
- JOHNSON, D. L. (1989). Spatial and temporal computer analysis of insects and weather: grasshopper and rainfall in Alberta. *Mem. Entomol. Soc. Can* 146: 33 – 48.
- JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. (1978). Mining Geostatistics. Academic Press, London, U.K. 600p.
- JOYE, G. F. (1986). Management of *Rhizoctonia* aerial blight of soybean and biology of sclerotia *Rhizoctonia solani* Kühn. Ph.D. Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, 91p.
- KAMISKI, D. A.; VERMA, P. R.; GIST, U. (1992). Cultural characteristics, virulence and in vitro temperature effect on mycelial growth of *Rhizoctonia solani* from pruned. *Can. J. Pl. Pathology*, 7, 256-261p.
- KARKANNAVAR, J. C.; VENUGOPAL, J. V. (1991). Inheritance and linkage studies in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Edition Tropical Agriculture*, Niger, 203-207p.
- KEMP, W.P.; KALARIS, T.M.; QUIMBY, W.F. (1989). Rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) spatial variability: macroscale population assessment. *J. Econ. Entomol.* 82 :1270 - 276.
- KERRY, W.; SCHROTH, M.; MILLER, T. (1986). Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology*, 70, 1078-1082.
- KIMM, D.S.; COOK, R. J.; WEILLER D. M. (1997). *Bacillus* spp. (Lt-324-92), biological control of three root diseases of wheat growth with reduced tillage. *Phytopathology* 87(5): 551-558.
- KISTLER, H. C.; BOSLAND, P. W. ; BENNY, U.; LEONG, S.; WILLIAMS, P. H. (1987). Relatedness of Strains of *Fusarium oxysporum* from Crucifers Measured by Examination of Mitochondrial and Ribosomal DNA, *Phytopathology* 77:1289-1293, EE.UU.
- KLASSEN, G. R.; MCNABB, S. A.; DICK, M. W. (1987). Comparison of Physical Maps of Ribosomal DNA Repeating Units in *Pythium*, *Phytophthora* and *Apodachya*, *J. Gen. Microbiol.* 133:2953-2959, Inglaterra.

- KOCH, W.; BESHER, M. E.; UNTERLADSTATTER, R. (1984). Pérdidas de los cultivos debido a malas hierbas. Protección de Plantas, Información EXPRESS, La Habana, Cuba, 7p.
- KORYTKOWSKI, CH. A. (1998). Notas sobre Manejo Integrado de Plagas para el curso de Maestría en Entomología Agrícola. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, Panamá. 123 p.
- KULIKOV, G.; RUDNEY, M, E. (1998). Effects of to soil moisture on growth of different crops and soil borne pathogens. *Phytopatology* 83: 724 – 727.
- KRUPA, DOMMERGUES (2001). Ecology of root phatogens; 2ª edición. Elsevier scientific publishing company USA.
- KUNINAGA, S.; YOKOSAWA, R. (1980). A comparison of DNA Base Composition Among Anastomosis Groups in *Rhizoctonia solani*, Annu.*Phytopatholy*. Soc. Japón 46:150-158 pp.
- KUNINAGA, S.; YOKOSAWA, R. (1984). DNA Base Sequence Homology in *Rhizoctonia solani* Kühn V.Genetics Relatedness with AG-6», Annu. *Phytopatholy*. Soc. 50:346-352, Japón, 1984.
- KUNINAGA, S.; YOKOSAWA, R. (1985). DNA Base Sequence Homology in *Rhizoctonia solani* Kuhn VII. Genetics Relatedness with AG-BI and Others Anastomosis Groups», Annu. *Phytopatholy*. Soc. 51:133-138, Japón.
- KUNINAGA, S.; NATSUAKI, T; TAKEUCHI, T.; YOKOSAWA, R. (1997). Sequence Variation of the rDNA its Regions Within and Between Anastomosis Groups in *Rhizoctonia solani*», Current Genetics 32:237-243, Alemania.
- KURAMAE, E. E.; BUZETO, A. L.; CIAMPI, M. B.; SOUZA, N. L. (2003). Identificationof *Rhizoctonia solani* AG 1-IB in lettuce, AG 4 HG-I in tomato and melon, and AG4 HG-III in broccoli and spinach, in Brazil. European Journal of Plant Pathology109:391-395.
- KWEE, T. L.; NG, C. C.; CHIN, C. L. (2007). Etiology and control of during foliar blight and dieback caused by *Rhizoctonia solani*. Department of Plant Protection, University Pertanian, Malaysia. *Plant Pathology*, 3, 301-307p.
- LAHIRIGOYEN, G. Y. (1989). Plagas y enfermedades que atacan al frijol Caupí(*Vigna unguiculata* L. Walp.). Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 304p.
- LARKIN, R.; GUMPERTZ M.; RISTAINO, J. (1995). Geostatistical Analysis of *Phytophthora* epidemic development in comercial bell pepper fields. *Phytopathology* 85: 191-203.
- LAROCHE, J. P.; JABAJI-HARE, S.; CHAREST, P. M. (1992). Differentiation of Two Anastomosis Groups of *Rhizoctonia solani* by Isozyme Analysis», *Phytopathology* 82:1387-1393, EE.UU.

- LEACH, C. M.; PIERPOINT, M. (1958). Seed transmission of *Rhizoctonia solani* in *Phaseolus vulgaris* and *P. Lunatus*. *Plant Disease*, Repr, 40, 902-907p.
- LECOUSTRE, R.; FARGETTE, D.; FAUQUET, C.; REFFYE, P. (1988). Analysis and mapping of the spatial spread of African Cassava Mosaic Virus using geostatistics and the kriging technique. *Phytopathology* 79 (9): 913-920
- LEHTONEN M.J.; AHVENNIEMI, P.; WILSON, P.S.; GERMAN-KINNARI, M.; VALKONEN, J.P.T. (2008). Biological diversity of *Rhizoctonia solani*(AG-3) in a northern potato-cultivation environment in Finland. *Plant Pathology* 57, 141-51.
- LEINER, R. H.; CARLING, D. E. (1994): «Characterization of *Waitea circinata* (*Rhizoctonia*) isolated from agricultural soils in Alaska», *Plant Dis.* 78:385-388, EE.UU.
- LEWIS, J. A.; PAPAIVIZAS, G. C. (1987). Reduction of inoculums of *Rhizoctonia solani* in soil by germlings of *Trichoderma hamatum*. *Soil biochem.* Vol. 19, nº 2, 195 – 201p.
- LEWIS, J.; PAPAIVIZAS, G. C. (1991). Biocontrol of cotton damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in the field with formulations of *Trichoderma spp.* and *Gliocladium virens*. *Crop Protection* 10: 396-402.
- LIBERCHTEIN, I. (1981). Incendio verde en el mundo contemporáneo. Editorial Moscú, Leningrado, URSS, 290p.
- LIEBHOLD, A.; XU ZHANG, H. M.; ELKINTON, J.; TICEHURST, M.; BENZON, G.; CAMPBELL, R. (1991). Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environmental Entomology* 20 (5): 1407- 1417.
- LIEBHOLD, M; ROSSI, E.; KEMP, P. (1993). Geostatistics and Geographic Information Systems in applied Insect Ecology. *Annu. Rev. Entomol.*, 38: 303-327.
- LIEBHOLD, A.; SHAROV, A. (1998). Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data. *En Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation.*: 1-117pp.
- LIN, C. S.; POUSHINSKI, G.; MAUER, M. (1989). An examination of five sampling methods under random and clustered disease distribution of *Rhizoctonia solani* using simulation. *Can. J. Plant Science*, 59, 121-130p.
- LIM, T. K.; NG, C.C.; CHIN, C. L. (1997). Etiology and control of root rot caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Biology Report*, 3, 301-307p.
- LIN, M. T.; RIOS, G. P. (1999). Cowpea diseases and their prevalence in Latin America. University of Brasilia; and EMBRAPA/ CNPAF. Goiania. Goias. Brazil, 9p.

- LIN, S.; ALVES, A. C. (2002). Feijao- Caupí: Valor nutritivo e formas de consumo. *Agropec. Catarin.* 15 (1), 45-48.
- LINNEMANM, A. R. (1991). Preliminar and observation on photoperiod regulation of phenological desenvolvimento in bambara groundt (*Vigna subterrânea*) fields crop. *Research*, 74, 675-681p.
- LINNEMANM, A. R.; CROUFORD, L. R. (1994). Preliminar and observation on photoperiod regulation of phenological desenvolvimento in bambara groundt not (*Vigna subterrânea*) fields crop. *Research*, 26, 295-304p.
- LIU, Z. L.; SINCLAIR, J. B. (1991). Isolates of *Rhizoctonia solani* anastomosis group 2-2 pathogenic of soybean. *Plant Disease Repor.*, 75, 682-687p.
- LIU, Z. L.; SINCLAIR, J. B.; CHEN, W. (1992). Genetics Diversity of *Rhizoctonia solani* Anastomosis Group 2, *Phytopathology* 82:778-787, EE.UU.
- LIU, Z. L.; DOMIER, L. L.; SINCLAIR, J. B. (1993). ISG-Specific Ribosomal DNA Polymorphism of the *Rhizoctonia solani* Species Complex, *Mycologia* 85 (5):795-800, EE.UU.
- LIU, Z. L.; SINCLAIR, J. B. (1993). Differentiation of Intraspecific Groups Within Anastomosis Group I of *Rhizoctonia solani* Using Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer and Isozyme Analysis», *Can. J. Plant pathol.* 12:376-382, Canadá.
- LOCKWOOD, J.L.(1964). Soil fungistasis. *Ann. Rev. Phytopathology*, 2 2, 341-362.
- LOCKWOOD, J.L. (1977). Fungistasis in soil. *Biol. Rev.*, 52: 1-43.
- LOCKWOOD, J.L. (1979). Soil mycostasis: concluding remarks. In: *Soil-Born Plant Pathogens*. Eds. SHIPPERS B. y W GAMS. Ed: Academic Press.
- LOCKWOOD, J.L.(1988). Exploitation competition, In: *The fungal community: its organization and role in the Ecosystem*. WICKLOW D.T. y G.C. CARROL. Ed: Dekker. New York, 319-349.
- LOCKWOOD, J. L. (1998). Evolution of concepts asociated with soilborne plant pathogens. *Ann. Rev. Phytopathology* , 26, 93-121.
- LOMELÍ, R.M.; OCHOA, R.H. (1999). Evaluación fungicida del extracto de mesocarpio de Coco nucifera Linn. *Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y X Congreso Latinoamericano de Fitopatología*. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen10.
- LÓPEZ, F.; JURADO, M.; ATENCIANO, S.; GARCÍA A.; SÁNCHEZ, M.; GARCÍA, L. (2002). Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant and Soil* 246: 97-105

- LÓPEZ, CRUZ VILMA; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E. (2005). Comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en el frijolcaupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en siembras realizadas durante todo el año. I Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín ISBN.978.959.16.10102, 14p.
- LÓPEZ, C. V; FORNET, E.; NÚÑEZ, T. R (2005). Hongos asociados al cultivo del frijolcaupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en agroecosistemas de la provincia Holguín. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín.80 p.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; NÚÑEZ, T. R; Pupo, E.; RICARDO, S.(2006). Evaluación de la actividad fungicida del extracto acuoso de *Tagetes patula* (flor de muerto) y *Petivería aleacea* (Anamú) sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp. IV Congreso Internacional de Medicina Natural y Bioenergética. Ciudad de Holguín, Holguín, Cuba. 9 p.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E. (2008). Influencia del tipo de suelo, la temperatura y la humedad del suelo en el comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de los granos. Publicados en el Compendio de investigaciones Agropecuarias, Tomo III. Edit. Agrinfor. ISBN: 978-979-341-193-2).
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; PAZ, G. A.; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E. (2009). Incidencia, distribución y severidad de *Rhizoctonia solani* Kühn en 12 localidades de la provincia de Holguín. Revista Universidad de Holguín. Sistematización de experiencias del proceso de reconversión agroindustrial. ISBN: 987-959-16-0705-8).
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; PAZ, G. A.; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E. (2010) Comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras realizadas durante todo el año, en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí). Revista Ciencias Holguín, Número 2.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E.; RICARDO, S. (2011). Diagnostico sobre la implementación del manejo integrado de los patógenos del suelo, en los cultivos de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) y *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) en las entidades productivas del Municipio Cacocum y Gibara, provincia de Holguín. IV Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín. ISBN: 978-959-16-1329-5,
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; PAZ, G. A.; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E.(2012). Distribución e incidencia de *Rhizoctonia solani* Kühn en 14 localidades de la provincia de Holguín. V Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín. ISBN: 978-959-16-1329-5, 17p.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA; PAZ, G. A.; NÚÑEZ, T. R; FORNET, H. E. (2013). Incidencia y distribución de *Rhizoctonia solani* Kühn, en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí). Revista Ciencias Holguín, Número 3.

- LÓPEZ, CRUZ VILMA; PAZ, G. A.; NÚÑEZ, T. R.; FORNET, H. E. (2014). Comparación de dos métodos de muestreos para el estudio de *Rhizoctonia solani* Kühn, en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí). X Encuentro Regional de Agricultura Organica y Sostenible. Ciudad de Holguín, Holguín, Cuba. 12 p.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA.; PAZ, G. A.; FORNET, H. E. (2015). Caracterización morfológica y patogénica de *Rhizoctonia solani* Kühn en *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí). VII Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín. ISBN: 978-959-16-2472- 7. 10p.
- LÓPEZ, CRUZ VILMA.; PAZ, G. A.; FORNET, H. E. (2016). Hongos asociados al cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L Walp.) y su frecuencia de aparición en la provincia de Holguín. VIII Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín ISBN-978.959.16.10102, 12p.
- LÓPEZ-ESCOBAR, R.; SÁNCHEZ-ARIZPE, A. (1988). Evaluación de extractos de crucíferas sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn in vitro. Memorias del XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Xalapa, Veracruz, México. p. 107.
- LUBECK, M.; POULSEN, H. (2001). UP-PCR cross blot hybridization as a tool for identification of anastomosis groups in the *Rhizoctonia solani* complex, FEMS Microbiology Letters 9999:1-7 Elsevier, Holanda.
- LUMSDEN, R. D.; LEWIS, J. A.; MILLNER, P. D. (1983). Effect of composted on *Macrophomina phaseolina* populations in soil. Plant Dis. 74(10):812-814.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. (2011). PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6. MjM Software. Gleneden Beach, OR, EEUU. 28 pp.
- MACNISH, G. C.; CARLING, D. E.; BRAINARD, K. A. (1993). Characterization of *Rhizoctonia solani* Kühn AG-8 from Bare Patches by Pectic Isozyme (Zymogram) and Anastomosis Techniques, *Phytopathology* 83:922- 927, EE.UU.
- MACNISH G.; NEATE S. (1998). *Rhizoctonia* Bare Patch of Cereals, an Australian perspective. Plant diseases 80, 965-971.
- MACE, M., (1990). Promoción y formación de ejecutivos. Ciudad de La Habana. Editorial Ciencias Sociales.
- MADDEN, L.V. (1980). Quantification of disease progression. Prot. Ecol. 2:159-176.
- MALDONADO, F.I.; RAMÍREZ, J.F.; LARA, A.V.; RIVERA, R.; ACOSTA, A.D.; FIGUEROA, D.K.; TAPIA A. (2017). Stability of the Spatio-Temporal Distribution of Trips in Avocado Orchards in the State of Mexico, Mexico. Southwestern Entomologist; 42: 447-462

-
- MANLY, B.F.J. (2005). A note on the analysis of species co-occurrences. *Ecology*, 76(4): 1109-1115.
- MANOILOFF, I. T.; BARRAL, J. M.; DE LAVALLE, G. A. (1982). Distribución de la población de pulgones (*Aphis gossypii* Glov) en algodón en la EERA Saenz Peña (Chaco) y su aplicación en el muestreo secuencial para la toma de decisiones en el control de la plaga. 11 pp.
- MANZANILLO, J. C. (2011). *Rhizoctonia solani*, causante del anublo de la vaina del arroz. Factores que favorecen la enfermedad. Disponible en http://www.ecured.cu/index.php/Rhizoctonia_solani"
- MARAÑÓN, T.; ZAMORA, R.; VILLAR, R.; ZAVALA, M.A.; QUERO, J.L.; PÉREZ-RAMOS, I.M.; MENDOZA, I.; CASTRO, J. (2004) Regeneration of tree species and restoration under contrasted Mediterranean habitats: field and glasshouse experiments. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 30: 187-196.
- MARCOS, M. (1997), Algunos aspectos de las condiciones de vida del cubano antes del Triunfo de la Revolución (1959-1989). Producción de frijoles en Cuba, *Revista* 9, Año 12.
- MARCUS, L.; BARASH, I.; SNEH, B.; KOLTIN, Y.; FINKLER, A. (1986). Purification and characterization of pectinolytic enzymes produced by virulent and hypovirulent isolates of *Rhizoctonia solani* Kühn, *Physiol. Mol.Plant Pathology*, 29:325-336pp.
- MARÍN, G. D. (2003). Elementos para el manejo de patógenos de suelo en semilleros de tabaco con tecnología de bandejas flotantes. Tesis en opción al título de Maestro en Microbiología, INISAV, La Habana.
- MARTÍN, S. B.; CAMPBELL, C. L.; LUCAS, L.T. (2001). Horizontal distribution and characterization of *Rhizoctonia solani* in tall fescue turf. *Phytopathology*, 73, 1064-1068p.
- MARTÍN, N. J.; DURÁN, J. L. (2011). *El Suelo y su fertilidad*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 172- 175p.
- MARTÍNEZ, A.; CHANG, E I. (1993). Características biológicas de los principales suelos de Cuba. III. Hongos y Actinomicetos", *Revista Ciencias de la Agricultura (CU)*, 15: 59-71.
- MATEO, J. M. (1969). *Leguminosas de granos*. Edición revolucionaria, La Habana, Cuba, 550p.
- MATERECHERA, S.A.; ALSTON, A.M.; KIRBY, J.M.; DEXTER, A.R. (2003). Field evaluation of laboratory techniques for predicting the ability of roots to penetrate strong soil and of the influence of roots on water sorptivity. *Plant and Soil* 149:149-158.

- MATTHEW, J.; HERDINA, M.; WHISSON, D. (1996). DNA Probe Specific to *Rhizoctoniasolani* Anastomosis Group 8», Mycol. Res. 99:745-750, Holanda.
- MASCARENHAS, H. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E.B.; BRAGA, N.R.; DE MIRANDA M.A.C. (2006). Potassio para a soja. InformacoesAgronomicas 105: 1-5p.
- MASSÓ, E. (1984). Algunos aspectos de la biología, dinámica del picudo negro del plátano *Cosmopolitas sordidus* y su control químico en la República de Cuba. Tesis de Doctorado, Academia Agrícola Timiriasev, Moscú.
- MAYEA, S.; CARONE, M.; NOVOR.; BOADA, I.; SILVEIRA, E.; SORIA, M.; MORALES, Y.; VALIÑO, A. (1998). Microbiología Agropecuaria, 281pp., Tomo II, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba.
- MAZZA DE GAJAD, S.; CONTRERAS, G.; VIDELA, M.; POLAK, J.; SCHROEDER, C.; TANNURE, C. (1996). Técnicas de muestreo para la evaluación de infestación por pulgones (*Aphis gossypii*) en algodón (*Gossypium hirsutum*). Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. Actas 3(5): 1-4.
- MEINHARDT, L.W.; WULFF, N. A.; BELLATO, C. M.; TSAI, S. M. (2002). Etiology and Genetic analyses of *Rhizoctonia solani* isolates from *Phaseolus vulgaris* grown in the Atlantic Rainforest region of São Paulo, Brazil. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 27, n. 3, p. 259-267, set./dez.
- MELGAR, F.; WEIL, R.; STEINBERG, C. (2005). Soil organic matter in sustainable agriculture. Response of soil microbial communities to soil microelemnts. CRC Press, Boca Raton. Florida, USA. 473 p.
- MÉNDEZ, U.; SUÁREZ, E. (1982). Comportamiento de cultivares de Feijao (*Vigna unguiculata* L. Walp.) asociados a niveles de populacao en diversas épocas de planteo. Regiao dos cocai de Marahao – Resumos Roral Goiania. Editorial Ministerio Agricultura, EMBRAPA, Brasil, 267p.
- MERCADO, Z.F.J.; ROSADO, M.F.J. (1986). Efecto de compuestos orgánicos liberados por *Cyperus rotundus* L. sobre el crecimiento del hongo *Rhizoctonia solani* Kühn. Memorias del XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. p. 55.
- MESA-MOLLER, A.; ESQUEDA, M.; GARDEA, A.; TIZNADO, M.; VIERGE-CALLEROS, G. (2007). Variabilidad morfológica, patogénica y susceptibilidad a fungicidas de *Rhizoctonia solani* aislado de rizósfera de *Vitis vinifera* var. *Perlette seedless*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Revista Mexicana de micología 24: 1-7

- MICHAEL, S. (1988). Distribution of hypocotyl rot caused in snap bean by *Rhizoctonia solani*. *Seed Science and Technology* 9: 730-811pp.
- MICHEL, A. (2005). Cepas nativas de *Trichoderma spp* (Euascomycet.,es: Hypocreales), su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum* (Hyphomycet.,es: Hyphales). Tesis para optar al grado de Doctor en ciencias: área de Biotecnología. Universidad de Colima, Mexico. [en línea] URL<http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/pdf/Alejandro.%20Casimiro%20Miche%20Aceves.pdf>
- MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, E.G.; MENEZES, M. (2005). Ecología e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife (brasil): Imprensa Universitária da UFRPE, 398 p.
- MIDGARDEN, D.; YOUNGMAN, R.; FLEISCHER, S. (1993). Spatial analysis of counts of western corn rootworm (Coleóptera: Chrysomelidae) adults on yellowsticky traps in corn: Geostatistics and dispersion indices. *Environmental Entomology*, 22(5): 1124-1123.
- MIGUEZ, F. (2005). Trofobiosis. *Agromercado, Roya de la Soja – Enfermedades de fin de ciclo* 113: 29-32
- MIHAIL, S.H.; TRAGGI, G. B.; BRITMAN, P. A. (1998). Ecology of *Rhizoctonia solani* in relation to seed infection/seed degradation. *Ecology of Rhizoctonia. Plant Disease Repor.*, 75, 81-90p.
- MILÁ, E, R.; LÓPEZ, C. V.; FORNET, H. E.; PAZ, G. A. (2011). Comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn, en el cultivo de *Vigna unguiculada* L. Walp. (frijol caupí) y *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) en entidades productivas del municipio Gibara. VI Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín. ISBN: 978-959-16-1329-5, 8p.
- MILÁN, C, J.; LÓPEZ, C. V.; PUPO, E.; POLANCO, A. (2008). Comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Fusarium solani* (Mart) Sacc., en los cultivos del frijol (*P. vulgaris*) y Maíz (*Zea mays*). II Congreso de Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. Ciudad de Bayamo. Gramma, Cuba. 11p.
- MILÁN, C, J.; LÓPEZ, C. V.; PUPO, E.; POLANCO, A. (2010). Actividad antagónica “in vitro” de cepas autóctonas de *Trichoderma sp* contra hongos del suelo, asociados al cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. IV Congreso Nacional de Gestión Ambiental, Las Tunas, Cuba. 10p.
- MILÁN, C, J.; LÓPEZ, C. V.; PUPO, E (2012). Incidencia y distribución de *Macrophomina phaseolina* en áreas de producción del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Provincia de Holguín. Taller de Medio Ambiente y Agricultura Sostenible de la Facultad de Agronomía. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba. 11p.

- MILÁN, C. J.; LÓPEZ, C. V.; NÚÑEZ, T. R. (2013). Hongos del suelo asociados al cultivo de *Vigna unguiculada* L. Walp. (frijol caupí) y comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn, en dos entidades productivas de la localidad de Arroyo Seco, Municipio Gibara. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba. 74 p.
- MILLAS, P. (2013). Supresividad a *Pythium* sp. de tres suelos de bosque nativo en plantas de tomate. 64º Congreso. 181 p. Sociedad Agronómica de Chile y XXII Congreso Chileno de Fitopatología. 24-26 de septiembre 2013, Viña del Mar, Chile.
- MILLER, R. D.; MC LEAN, D. M.; HOFMAN, J. C. (1992). The Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genetics and characterization of the major diseases. Louisiana State University, Baton Rouge, 61p.
- MINTER, D. W.; RODRÍGUEZ, H. M.; MENA, P. J. (2001). Fungi of the Caribbean, PDMS Publishing, Inglaterra.
- MISAWA, T.; KUNINAGA, S. (2010). The first report of tomato foot rot caused by *Rhizoctonia solani* AG-3 PT and AG-2-Nt and its host range and molecular characterisation. *Journal of General Plant Pathology* 76, 310-9.
- MITCHELL, J.E. (1989). Distribution of hypocotyl rot caused in snap bean by *Rhizoctonia solani*. *Seed Science and Technology* 9: 730-811pp.
- MITCHELL, J.E. (1998). The dynamics of the inoculum potential of populations of soilborne plant pathogens in the soil ecosystem. pp. 3-20. In: B. Schippers, and W. Gams (eds.). *Soil Borne Plant Pathogens*. Academic Press, London, UK.
- MOHDNOOR, R. B. (1980). Effect of plant density on dray seed yield of Cowpea in Malasia. *Tropical grain Legure*, Boletín 17 –18, 11-13p.
- MONT, S. M. (1993). Effects of soil solarization on *Macrophomina phaseolina* and *Sclerotium rolfsii*. *Plant Disease*, 21:156-159.
- MONTEALEGRE, J. R.; LUZ MARÍA PÉREZ, R.; SIMENA BESOAIN, C. (2001). Manejo Integrado de Enfermedades radicales del tomate y los granos mediante el uso de biocontroles y la solarización. En <http://www.uchile.cl/facultades/csagronómicas/publicaciones/vol18/18p.4htm>
- MONTERO, L.; MARIANO, R. D.; SOUTO- MAIOR, A. M. (2013). Biocontrol de enfermedades de plantas: uso y perspectivas / Editado por Wagner Bettiol e Marcelo Augusto Morandi.- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 341p. ISBN 978- 85- 85771- 48-5.
- MONTES, B.R.; CRUZ, C.V.; MADRIGAL, D.P. (1990). Control de la roya del frijol mediante extractos vegetales bajo condiciones de campo en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. *Memorias del XVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Culiacán, Sinaloa, México. p.104.

- MOORE, R. T. (1987). The Genera of *Rhizoctonia*-Like fungi: *Ascorhizoctonia*, *Ceratorhiza* gen. nov., *Epulorhiza* gen. nov., *Moniliopsis*, and *Rhizoctonia*», *Mycotaxon* 29:91-99, EE.UU.
- MOORE, R. T. (1996). The Dolipore/Parenthesome septum in modern taxonomy», B.Sneh, S. Jajabi-Hare, S. Neate, G. Dijst: *Rhizoctonia species: taxonomy, molecular, biology, ecology, pathology and diseases control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda.
- MORA, FLORIBETH. (1996). Combate biológico de *Rhizoctonia solani* mediante el empleo de *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli en el campo. *Agronomía Mesoamericana* 7(2): 23-30.
- MORAL GARCÍA, F.J. (2003). La Representación gráfica de las variables regionalizadas. *Geoestadística lineal*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura, Badajoz
- MORAL GARCÍA, F.J. (2003a). Representación grafica de la distribución espacial de una plaga en una plantación mediante el uso de técnicas geoestadísticas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura Badajoz.
- MORAL GARCÍA, F. J.; RODRÍGUEZ B. J; ARRANZ R. J.; BLANCO J. I., HONORIO G. (2004). Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. *Bol. San. Veg. Plagas*, 30: 733-744 pp.
- MORALES, M. A. (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. pp: 11- 32.
- MORDUE, J. E. (1974). CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria, No. 406, Kew, Surrey, Commonwealth Mycological Institute, Inglaterra, 1974.
- MORDUE, J. E. M.; CURRAH, R. S.; BRIDGE, P. D. (1989). An Integrated approach to *Rhizoctonia* taxonomy: cultural, biochemical and numerical techniques», *Micological Research* 92:78-90, Holanda.
- MOSQUERA, Y.; SOTO, R.; GONZÁLEZ, A. S.; ROJAS, G. (1996). Caracterización de variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculada* L. Walp.) sobre suelos Ferralítico Rojo en las condiciones de Cienfuegos. III Jornada Científica Productiva Sobre Vigna en Cuba. I Taller Internacional del cultivo de Vigna en el Trópico, Holguín, 24p.
- MOUEN BEDIMO, J.A.; BIEYSSE, E.; CILAS, C.; NOTTÉGHEN, J. L. (2007). Spatio-temporal dynamics of arabica coffee berry disease caused by *Colletotrichum kahawae* on a plot scale. *PlantDis*. 91:1229-1236.

-
- MOUSSA, T.A. (2002). Studies an biological control of sugarbeet pathogen *Rhizoctonia solani* Kûhn. Journal of Biological Science 2(12): 800-804.
- MOYA, E. A., (2007) Procedimiento para diseñar la capacitación de los directivos en la UEB "Gustavo Machín". LaHabana, 96 h. Tesis en opción al título de Máster en Dirección. Universidad Agraria de La Habana
- MULLA, D.J. (1993). Mapping and managing spatial patterns in soil fertility and crop yield. En: ROBERT, P.C.; RUST, R.H. & LARSON. W.E. (Ed.) Site specific crop management. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 15-26.
- MULLA, D.J.; MCBRATNEY, A.B. (2000). Soil spatial variability. En: SUMMER M.E. (Ed.) Handbook of Soil Science. Boca Raton: CRC Press. pp. A321-A352.
- MUÑOZ, L. A.; ESTRADA, E. I.; GÓMEZ, C. (1990). Evaluación de algunos factores que inciden en la pérdida de germinación de la semilla de Caupí. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 42-45p.
- MUSTADE, J. M. (1986): "Les légumineuses: haricot guide pratique defense des cultures rwandases".Rwanda Note Technique No. 9:37-40. R.A.F. XI (1):99.
- MUYOLO, N. G. (1992). Variability among *Rhizoctonia solani* isolates associated with soybean and dry tissues in Ohio and Zaire, and evaluation of host resistance to *Rhizoctonia* root rot, hipocotul rot, and web blight. Ph. D. Tesis dissertation. The Ohio State University, Columbus, 290p.
- MUYOLO, N. G.; LIPPS, P.E.; SCHMITTHENNER, A. F. (2006). Anastomosis grouping and variation in virulence among isolates of *Rhizoctonia solani* associated with dry bean and soybean in Ohio and Zaire. *Phytopathology*, 83, 438-444p.
- MYKLESTAD, A. (2003). The distribution of *Salix* species in Fennoscandia -a numerical analysis. *Ecography*, 16: 329-344.
- NÁPOLES, E. G. (1997). Influencia de la fertilización sobre la nodulación, el crecimiento y la productividad del frijol Caupí (*Vigna unguiculada*L. Walp.) variedad INIFAT-93, en un suelo pardo grisáceo. Tesis en opción al título de Master en Producción Vegetal. Universidad de Granma, Bayamo M.N.,81p.
- NAVA-DÍAZ, C. (2009). Definición de disposición espacial de patógenos vegetales. Pp: 110-114. In: Bautista, N., Soto, L. y Pérez, R. (eds.). Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 256p.

- NAVARRETE, R.; ACOSTA J. (1999). Reacción de variedades de frijol común a *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani* en el altiplano de México. *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 37-46. 1999.
- NAVARRETE, M. R.; ACOSTA, G. J. A. (2009). Sanidad y germinación de semilla de frijol y caupí producida en diferentes fechas de siembra. *Phaseolus*. Publicación especial No. 8 INIFAP-MSU. Durango, México. 169-178 pp.
- NEERGAARD, P. (1958). Infection of Danish seeds by *Rhizoctonia solani* Kühn. *Plant Disease*, 42, 1276-1278p.
- NEREY, Y.; PANNECOUCQUE, J.; HERNANDEZ, H. P.; DÍAZ, M.; ESPINOSA, R.; DE VOS, E.; VAN BENEDEN, S.; HERRERA, L.; HÖFTE, M. (2009). *Rhizoctonia spp.* causing root and hypocotyl rot in *Phaseolus vulgaris* in Cuba. *Journal of Phytopathology*. Published Online: July 20 OI:10.1111/j.1439- 0434.2009.01609.x .
- NEREY, Y.; VAN BENEDEN, S.; FRANCA SORAYA; JIMÉNEZ A., CUPULL. R. HERRERA, L.; HÖFTE, M. (2010). Influence of soil type and indigenous pathogenic fungi on bean hypocotyls rot caused by *Rhizoctonia solani* AG4 HGI in Cuba. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 797-803.
- NICO, A. I. (2002). El empleo de enmiendas orgánicas para el control de hongos de suelo y nemátodos. En: *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* Sarandón, S. J., Ed). Ediciones Científicas Latinoamericanas, La Plata, Argentina.
- NICO, A.I.; MÓNACO, C.I.; DAL BELLO, G.; ALIPPI, H. (2003). Efecto de la adición de enmiendas orgánicas al suelo sobre la capacidad patogénica de *Rhizoctonia solani*: test de patogenicidad y actividad biológica de metabolitos volátiles y difusibles. *RIA*, 32 (3): 173-192, issn 0325 – 8718, INTA, Argentina
- NICO, A. I. (2005). Lista de los principales hongos de suelo y nemátodos en frijol. En: *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* Sarandón, S. J., Ed). Ediciones Científicas Latinoamericanas, La Plata, Argentina. 319-327pp.
- NIELSEN, C.; HALL, A. E. (1985). Response of cowpea bean (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in the to high night air temperature during flowering II plant response. *Field crop, Res.* 10, 151-196p.
- NIELSEN, S.A. (2005). Species hybridization in the genus *Vigna*. In *Proceedings of IITA Collaborators meeting on grain Legume Improvement*. Ed. R.A. Luse and Rachie, International Institute of tropical agriculture. Ibandan, Nigeria. Disponible en <http://www.tropicalforeges.info>.

- NIKNEJAD, K. M. (2006). Biological control of *Rhizoctonia solani*, the causal agent of Rice Sheath Blight by Antagonistic Bacteria in Greenhouse and Field Conditions. *Plant Pathology Journal* 2:88-96.
- NJOKU, E. (1980). Photoperiodic response of some Nigerian plants. *J. W. Africa Science Association, Nigeria*, 99-111p.
- NOBLE, M.; RICHARDSON, M. J. (1968). An annotated list of seed-borne disease. *Wealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England*, 57p.
- NÚÑEZ, R. C. (1998). Estudios básicos para la implementación del Manejo Integrado de Malezas en el cultivo de la caña de azúcar (*Sacharum SAP*. Híbrido) en la provincia de Holguín. Tesis para la obtención del título de Master en Producción Vegetal, Universidad de Granma, Bayamo M. N., 67p.
- OGOSHI, A. (1983). Anastomosis Groups of Binucleate *Rhizoctonia* in Japan and North America and Their Perfect States», *Trans Mycol. Soc.* 24: 79- 87, Japón.
- OGOSHI, A.; ONIKI, M.; ARAKI, T.; UI, T. (1983). Studies of the Anastomosis Groups of Binucleate *Rhizoctonia* and Their Perfect States, *Journal of the Faculty of Agriculture* 61(2):244-260, Japón.
- OGOSHI, A. (1987). Ecology and Pathogenicity of Anastomosis and Intraspecific Groups of *Rhizoctonia solani* Kunh. *Annu. Rev. Phytopathol.* 25:125-143, EE.UU.
- OGOSHI, A. (1991). Anastomosis and intraespecific groups of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia*. *Fitopatología, Bras.* , 10, 371-390p.
- OGOSHI, A. (2008). Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25: 125-143
- OLIVER, M.; WEBSTER, R. (1991). How geostatistics can help you. *Soil use and Management* 7(4): 206 – 217.
- ONESIROSAN, P. T. (1975). Seedborne and weed-borne inoculum on web blight of cowpea. *Plant Disease Reporter* 59: 338-339. 1975.
- O'NEILL, N. R.; RUSH, M.C.; HORN, N.L.; CARVER, R. B. (1987). Aerial blight of soybean caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Disease Reporter*, 61 (9), 713-717p.
- ONIANI, O. G. (1964). Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y p Popsólicos en Georgia. *Agrojima* 6:25.
- ORTEGA, F.; ARCIA, MIRIAM (1982): Determinación de las lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante los relictos edáficos. *Cien. Tierra y Espacio* (4):85-104.

-
- ORTEGA, L. M.; POLANCO, A.; CRUZ, M. (2005). Influencia de la fertilización nitrogenada, en la incidencia de enfermedades transmitidas por el suelo. Ponencia presentada en el Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica. Ciudad de Holguín, Holguín, Cuba. 10p.
- OVALLES, F. (2005). Métodos de muestreo para evaluar la variabilidad de los suelos dentro de unidades de capacidad de uso agrícola. *Agronomía Trop.* 54(2): 32- 50p.
- OVEISI, M.; YOUSEFI A.R.; GONZÁLEZ-ANDUJAR, J.L. (2010). Spatial distribution and temporal stability of crenatebroomrape (*Orobanche crenata* Forsk) in faba bean (*Vicia faba* L.): A long-term study at two localities. *Crop Protection* XXX:1–4
- OYEKAN, S. R.; PATEL, P. N.; HALL, A.E. (1999). *Rhizoctonia solani* major disease of the Cowpea in Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture, Cowpea Research, Production and Utilization, Ibadan, Nigeria.
- PADULOSIS, S.; NG, N. Q. (1997). Origin, taxonomy and morphology of *Vigna unguiculata* L. Walp. In advances in Cowpea research. IITA- JIREAS, Nigeria, 30-49p.
- PALMER, M. W. (1993). Putting things in even order: the advantages of Canonical Correspondence Analysis. *Ecology* 74 (8): 2215-2230.
- PANEQUE, V. M.; PAZOS, M; HERNÁNDEZ, A. (2001). Manual de análisis de laboratorio para suelo, foliar, abonos orgánicos, fertilizantes químicos y aguas residuales. XIII Fórum de Ciencia y Técnica. INCA. Documento interno, 31p.
- PAPAVIZAS, G. C.; ADAMS, P. B.; LUMSDEN, R. D.; LEWIS, J. A.(1975). Isolating, identifying, and producing inoculum of *Rhizoctonia solani*. *Ann.Rev. Phytopathol.* 18: 389-413.
- PAPAVIZAS, G.; LUMSDEN, R. D. (1980). Biological control of soilborne fungal propagules. *Ann.Rev. Phytopathol.* 18: 389-413.
- PAPAVIZAS, G. C.; ADAMS, P. B.; LUMSDEN, R. D.; LEWIS, J. A. (1989). Ecology and Epidemiology of *Rhizoctonia solani* in field soil. *Phytopathology*, 65, 871-877p.
- PARDO C.E.; CABARCAS G. (2001). Métodos estadísticos multivariados en investigación social. Simposio de Estadística. p 53 – 71.
- PARMERTER, J. R.; WHITNEY, H. S.; PLATT, W. D. (1967). Affinities of Some *Rhizoctonia* Species that Resemble Mycelium of *Thanatephorus cucumeris*», *Phytopathology* 57:218-223, EE.UU.

- PARMERTER, J. R.; WHITNEY, H. S. (1970). Taxonomy and Nomenclature of the Imperfect State. *Rhizoctonia solani*: Biology and Pathology, University of California Press. Berkeley, CA, EE.UU., 7-19 pp.
- PARMERTER, J. R. (1980). *Rhizoctonia solani*. Biology and Pathology, University of California. Press. Berkeley, CA, EE.UU.
- PARODI, L.R.; DIMITRI, M. J. (1972). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Editorial ACME SACI, Buenos Aires. Vigna, p. 532 - 95. Vigna-Savi.
- PARRA PAZ, ANGELINA.; ROMERO PACHECO, EUMELIA. (2009). Algunas consideraciones acerca de las cuencas hidrográficas. [Web en línea]. Disponible desde internet en: <http://www.isp.rimed.cu> [con acceso 28 de mayo de 2016].
- PASEA (PROYECTO FRANCO - CUBANO DE APOYO AL SISTEMA DE EXTENSIÓN AGRARIA). (2013). Informe sobre los resultados del diagnóstico realizado al municipio Gibara, provincia de Holguín. Departamento de Extensión, UEICA. Delegación Provincial MINAGRI, Holguín, Cuba. 143 p.
- PATEL, P.N. (1989). Fungal, Bacterial and Viral Disease of Cowpea in the USA. Cowpea Research, Production and Utilization. Edited by S.R: Singh and K.O. Rachie. Experimental Station, Tifton, Georgia, USA, 9p.
- PATEL, P. N.; HALL, A.E. (1990). Genotypic variation and clasification of Cowpea for reproductive response to high temperature underlog photoperiods. *Crop Serence*, 30, 614-621p.
- PAZ, A.; GÓMEZ, M.J.; TABOADA. M.T. (1996). Análisis geoestadístico de las propiedades generales de un suelo de cultivo. *Investig. Agr. Prot. Veg.*, 11(1): 133-160.
- PAZ, A.; TABOADA, M.T.; GOMEZ, M. J. (1996a). Spatial variability in topsoil micronutrient contents in one-hectare cropland plot. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27(3-4): 479-503.
- PAVANI, A. (2009). Global Climate Change and Emerging Infectious Diseases. *Journal of the American Medical Association (JAMA)*:275 (3):217-223.
- PAVÓN, R. E.; MARRERO, M.; RODRIGUEZ, L. E. (2008). Caracterización físico química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Informacoes Agronomicas* 109: 7-11p.
- PEARSON, R.G.; DAWSON, T.P. (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimatic envelop models useful. *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371pp.

- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31:341-68
- PEDROZA, A. S.; SAMANIEGO, G. J. (2003). Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Mexicana de Fitopatología*, diciembre, año/vol. 21, número 003. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México, 272 – 277pp.
- PEDROZA, S.A. (2004). Respuesta de variedades de frijol a tratamiento a la semilla y uso de fertilizantes orgánicos y químicos en el control de las principales enfermedades del frijol en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:43-47.
- PELÁEZ, H.; MARAÑA, R.; VÁZQUEZ DE PRADA, P.; PURAS, A.; SANTIAGO, Y. (2006). Comportamiento local de poblaciones de *Lobesia botrana* Denis y Schiffermüller (Lepidóptera: Tortricidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 32: 189 – 197.
- PERDOMO, R.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, A.; PINEDA, J.; ALEZONES, J. (2007). Caracterización y evaluación de virulencia en aislamientos de *Rhizoctonia solani* Kühn, causante de la mancha bandeada en maíz. *Interciencia* 32:48-55, Venezuela.
- PERDOMO, V. Y.; PEÑA, P. E.; VELÁSQUEZ, P. F.; PEÑA, P. R. (2014). Fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) bajo diferentes frecuencias de riego en un suelo Fersialítico pardo rojizo típico del norte de Las Tunas. *Innovación Tecnológica* Vol. 20, No. 1 enero-marzo 2014 (ISSN 1025-6504).
- PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ, S. (1984). Las malas hierbas y su control químico en Cuba. Editorial Pueblo y Educación, *Rev. Centro Agrícola*, 12, 1-8p.
- PÉREZ, S. M.; GONZÁLEZ, J. (1985). Incidencia de las enfermedades producidas por los hongos del suelo en zonas de producción de Frijol en Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 29, 27- 33pp.
- PÉREZ, L. C. (2004). Técnicas de Análisis Multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS. Prentice Hall. Pearson.
- PETERSEN, R.G; CALVIN, L.D. (1986). Sampling. En: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis. Part. I. Physical and mineralogical methods.* 691 pp. Alianza editorial. Madrid.
- PFENDER, C.L. (1982). The spatial analysis of soilborne pathogens and root disease in cotton. *Annu. Rev. Phytopathology*, 17: 131-153.
- PIEDRA, F. (1980). Estudio bioecológico y control químico de *Heliothis virescens* F. en el cultivo del tabaco. Informe Final. Problema Principal Estatal 04, Archivo INISAV, Cuba.

- PHILLIPS, J. L. (1990). Variation in virulence to dry beans, soybeans and maize among isolates of *Rhizoctonia solani* from beans. Printed in Great Britain, Ann, appl. Biol., *Phytopatology* 87(5): 551-558.
- PINA, B.; OGLIANI, J.P. (1992). Seedling infection of common bean and cowpea by soilborne pathogens in different localities of Brazil. *Plant Disease*, 74, 485-488p.
- PINEDA, J. D.; RODRÍGUEZ, N.; CONTRERAS, J. M.; RENAUD, J. (2003). Enfermedades en hortalizas diagnosticadas en la región centro occidental. IX Congreso de Hortalizas. San Cristóbal, Táchira – Venezuela. Libro Resumen p. 144 – 147.
- PIRAJNO G.; SCARITO G.; SALAMONE A. (2004). Fungistatic activity of essential oils of *Laurus nobilis*, *Mentha x Piperita*, and *Ruta graveolens* against *Rhizoctonia solani* Kunn and *Sclerotinia sclerotium* (L.) de Bary. *Journal of Plant Pathology* 86 (4):295-340.
- PRIYATMOJO, A.; ESCOPALAO, V. E.; TANGONAN, N. G.; PASCUAL, C. B.; SUGA, H.; KAGEYAMA, K.; HYAKUMACHI, M. (2001). Characterization of a New Subgroup of *Rhizoctonia solani* Anastomosis Group 1 (AG-1-ID), Causal Agent of a Necrotic Leaf Spot on Coffee», *Phytopathology* 91:1054-1061, APS Press, EE.UU., 2001.
- PUNJA, Z. K. (1995). Methods of sampling and extraction for estimation number, spatial pattern and temporal distribution of sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. *Plant Disease*, 69 (9), 469-474p.
- PUNJA, Z.K. (1985). The biology, ecology and control of *Sclerotium rolfsii*, *Ann. Rev. Phytopathology* 23:97-127
- PUPO, P. E.; SANDOVAL, I. (1985). Incidencia y distribución de las patologías del suelo en el cultivo de los granos en la provincia de Holguín. Informe de investigaciones. Material no publicado. Laboratorio Prov. de Sanidad Vegetal, Holguín, 40 p.
- PUPO, P. E.; SANDOVAL I. (1987). Incidencia y Supervivencia de *Macrophomina phaseolina* en suelos destinados al cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Informe de investigaciones # 12. Material publicado. Laboratorio Prov. de Sanidad Vegetal, Holguín, 22p.
- PUPO, P. E.; POLANCO, A. A.; LÓPEZ, C. V. (1999). Micoflora asociada a semillas de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) de producción local. III Jornada Científica Productiva sobre Vigna en Cuba – I Taller Internacional de Vigna en el Trópico, Holguín, Cuba, 70p.
- PUPO, P. E.; FORNET, H. E. (2005). Micoflora asociada a semillas de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) y *Vigna unguiculata* L. Walp. de producción local. Tesis de Maestría en opción al Título de Máster en

Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Agrícolas, Holguín. 98p.

PUPO, P. E.; FORNET, H. E. (2006). Caracterización agroquímica de los suelos de la Provincia de Holguín y su influencia en la incidencia de los patógenos del suelo, asociados a la semilla del frijol común (*P. vulgaris*) y el frijol caupí (*V. unguiculata*). IV Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín ISBN.978.959.16.10102.

PUPO, S. A.; LÓPEZ, C. V.; NÚÑEZ, T. R. (2007). Influencia del tipo de suelo en el comportamiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en dos entidades productivas de la localidad de Arroyo Seco, municipio Gibara. Congreso Internacional de agricultura sostenible. INCA, Habana. 10 p.

PUPO, P. E.; FORNET, H. E. (2009). Micoflora asociada a semillas de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) y *Vigna unguiculata* L. Walp. de producción local. Conferencia Internacional de la universidad de Holguín. Coloquio Agricultura Sostenible. Holguín, Cuba. 12p.

PUPO, S. A.; LÓPEZ, C. V.; NÚÑEZ, T. R. (2011). Influencia de algunas variables climáticas en el comportamiento de las patologías del suelo, asociadas al cultivo de *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí) en dos entidades productivas de la localidad de Arroyo Seco, municipio Gibara. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba. 79 p.

PUPO, S. A.; LÓPEZ, C. V.; FORNET, H. E (2012). Hongos fitopatógenos del suelo asociados al cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en zonas de producción del municipio Gibara y Banes en la provincia de Holguín. II Congreso Regional sobre el Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. Holguín, Cuba. 10p.

PURVES, D.W.; ZAVALA, M.A.; OGLE, K.; PRIETO, F.; REY BENAYAS, J.M. (2007). Environmental heterogeneity, bird-mediated directed dispersal, and oak woodland dynamics in Mediterranean Spain. *Ecological Monographs* 77: 77-97

QASEM, J.R.; ABU-BLAN, H.A. (1996). Fungicidal activity of some common weed extracts against different plant pathogenic fungi. *Journal of Phytopathology* (Berlin) 144:157-161.

QUILCHANO, C.; MARAÑÓN, T.; PÉREZ-RAMOS, I.M.; NOEJOVICH, L.; VALLADARES, F.; ZAVALA, M.A. (2008) Patterns and ecological consequences of abiotic heterogeneity in managed cork oak forests of Southern Spain. *Ecological Research* 23: 127-139

QUIN, F. N. (1997). Introduction in advances in Cowpea research. Edition Copublication of Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Research Center of Agricultural Science (JIRCAS), Nigeria, 50-57p.

- QUINTERO, E.; ALONSO, A. (1980). *Ecología Agrícola*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 320p.
- QUINTERO, S.R., GIOANETTO, F., CHÁVEZ, C.E.; BÁRCENAS, O. D. (2002). *Curso Taller de Agricultura Orgánica*. Universidad Autónoma de Chihuahua. CIDACOM, Chihuahua, Chihuahua. 227 p.
- QUIÑONES, I. L.; RIVERON, P. M.; HERNÁNDEZ, R. (2012). Métodos estadísticos y tipos de muestreo para el análisis de las poblaciones de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas. Conferencia Magistral. Maestría en Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. 105 p.
- QUIÑONEZ, R.; SÁNCHEZ- PALE, J.R.; CASTAÑEDA, A.; FRANCO, O.; RUÍZ, A. (2018). Incidencia, severidad y distyribución espacial de *Uromyces transversalis* en una nueva región del Estado de México. *Scientia Fungo Rum*. Vol.48: 87 – 94p.
- RACHAIE, K. D. (1985). Introducción a la conferencia de investigaciones sobre el cultivo del caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) efectuada en Nigeria del 5 al 9 de Noviembre. Research production and utilization. Editado por S.R. Singh. Ibadan, Nigeria.
- RAES, D. (2012). *The ETo Calculator, Reference Manual Version 3.2*. Publication from Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division. Rome, Italy.
- RAJNAUTH, G. L.; HILL, A. S. (1998). Web blight of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Etiology and control in Trinidad Tobago. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 70, 2, 188-192p.
- RAMÍREZ-CHAVEZ E.; LUCAS-VALDES, G.; CABELLOS, V.; MOLINA-TORRES, J. (2000). Actividad fungicida de la afinina y del extracto crudo de raíces de *Heliopsis longipes* en dos especies de *Sclerotium* sp. *Agrociencia*, 34: 207-215.
- RAMÍREZ DAVILA, J. R.; GONZÁLEZ J. L.; LÓPEZ, M. A.; OCETE, R. (2005). Modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfa del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergevin & Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31: 119-132.
- RAMÍREZ DÁVILA, J.F.; PORCAYO-CAMARGO, E. (2008). Distribución espacial de las ninfas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en un viñedo en Andalucía, España. *Rev. Colomb. Entomol.* V. 34(2). Bogota jul/dic.
- RAMÍREZ-DÁVILA, J.F.; PORCAYO-CAMARGO, E. (2008a). Spatial distribution and mapping of *Jacobiasca lybica* (Bergevin - Zanon)

- (Hemíptera: Cicadelidae) in irrigated sherry wine yards. *Revista Chilena de Entomología* 34:44-58
- RAMÍREZ, J. F.; PORCAYO, E. (2010): Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Bosque*, 31, 28-38.
- RÁMIREZ DÁVILA, J. F.; SÁNCHEZ PALE, J. R.; DE LEÓN, C. (2011). Estabilidad Espacio Temporal de la Distribución del Carbón de la Espiga del Maíz (*Sporisorium reilianum*) en el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 29: 1 – 14.
- RAMIREZ DÁVILA, J. F.; SÁNCHEZ, J. R.; GONZÁLEZ, A.; LEÓN, C. (2011). Modelización y generación de mapas del comportamiento espacial de *Sporisorium reilianum* ((Kühn) Langdon y Fullerton) en Estado de México, México. *Rev. FCA UNCUYO*, 43(2): 157 – 173pp.
- RAMÍREZ DÁVILA, J. F.; SOLARES ALONSO, V. M.; FIGUEROA, D. K.; SÁNCHEZ PALE, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29(3):545-562.
- RAMÍREZ, L. M.; CASTELLANOS, D. M.; MARTÍNEZ, S. R. (2014). Bases para el manejo integrado de hongos fitopatógenos del suelo en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible Mención “Sanidad Vegetal. Universidad Central “Martha Abreu” de las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuba, 89 págs.
- REY, E. M.; VALDES, G.; CABELLOS, V.; TORRES, M. (2000). Actividad fungicida del extracto crudo de raíces de *Heliopsis longipes* en *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*. *Agrociencia*, 24: 307-315.
- REYES, R. T.; RODRÍGUEZ, G. G.; PUPO, Z. A.; ALARCÓN, P. L.; LIMONTA, C.Y. (2007). Efectividad in vitro de *Trichoderma harzianum* para el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Pyricularia grisea* Sacc. aislados en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). *Fitosanidad* vol. 11, no. 1.
- REYES Y. (2011). Aislamientos de *Trichoderma spp* promisorios para el control biológico del tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kühn) en arroz. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque. Cuba.
- RIBEIRO-COSTA, G. (2010). Estratégias para o manejo integrado da mela do feijoeiro causada por *Thanatephorus cucumeris* [Tese de Doutorado em Fitopatologia]. Brasília D.F. (Brasil): Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, 2010, 114 p.

- RINCÓN, A. A.; LEGUIZAMÓN, J.; ARBELAEZ, G. (1992). Control biológico de *Rhizoctonia solani* Kühn con *Trichoderma spp.* En semilleros de café. *Cenicafé* 43: 73 – 383.
- ROBERTS, P. (1999). *Rhizoctonia* - Forming Fungi. Taxonomy Guide, Royal Botanical Gardens, Kew., *Phytopatology* 87(5): 551-558.
- ROBERTS, M.; WUEST, L.J. (1999). Plant communities of New Brunswick in relation to environmental variation. *Journal of Vegetation Science* 10: 321-334.
- RODRÍGUEZ-KÁBANA R., CALVET C. (1994). Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edáfico. *Fitopatol brasilera*, 92(2), 129-138 pp.
- RODRÍGUEZ, B.H.R.; TORRES, E.; SANABRIA, G.A. (1999). Actividad de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. dianthi, *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani* Kühn. Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen 139.
- RODRÍGUEZ, L.; JULIA, V. (2003). Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprofitos contra *Rhizoctonia solani* Kühn un fitopatógeno causante del (Damping off) En Plantas de tomate. Tesis digitales, UNMSM, Disponible desde internet en: <<http://www.insuelos.org.ar/Informes>>.
- RODRÍGUEZ, D.; SANABRIA, M. (2005). Efecto de tres plantas silvestres sobre la Rhizoctoniosis, la mancha sureña del maíz y los patógenos que la causan. *Interciencia*, 30: 739-744.
- RODRÍGUEZ, M.A.; BROWN V.K.; GÓMEZ-SAL, A. (2005). The vertical distribution of below-ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and hábitat characteristics. *Journal of Vegetation Science*, 6: 63-72.
- RODRÍGUEZ, P.; CHAVECO, O.; CONCEPCIÓN, A. L. (2005). Evaluación de variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) bajo stress hídrico, en la provincia de Holguín. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. 70p.
- RODRÍGUEZ, O.; MASTRAPA, E.; RODRIGUEZ, E. (2009). Comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología* vol. 11 numero 11 – 25 pp.
- RODRÍGUEZ, O. (2011). Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía, en condiciones de

- riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. Temas de Ciencia y Tecnología vol. 13 numero 39 septiembre – diciembre. pp 19 – 30.
- RODRÍGUEZ, U. D. N. (2013). Métodos de muestreo en la determinación del daño en caña de azúcar y pérdida de sacarosa por barrenadores, en Central Progreso, S.A. de C.V. Tesis para obtener el grado de Maestro en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar.FACBA-UV.INTAGRIS.C Extraído de <https://www.intagri.com/index.php/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-caña>
- ROGERS, J. D. (1965). The conidial stage of *Coniochaeta lagenaria*: morphology and cytology. *Mycologia* 57: 368-378.
- ROJAS, W.C.; RODRÍGUEZ, S. N. (1997). Manual de muestreo para análisis de fertilidad y microorganismos del suelo. Servicio Agrícola. Departamento de Protección de los recursos renovables. Santiago de Chile. 22 – 29 pp.
- ROMERO, Y.; VELÁZQUEZ, J.; DOOAL, B.; PALACIOS, L.; RODRÍGUEZ, D. (2003). Pudrición basal del tallo del ají dulce (*Capsicum chinense*) y Pimentón (*Capsicum annum* L.) en el Estado Falcón. Recomendaciones para el manejo de la enfermedad. IX Congreso de Hortalizas. San Cristóbal, Táchira – Venezuela. Libro Resumen p. 137 – 139.
- ROSADO, F. J.; GARCÍA, E. R.; GLIESMAN, S.R. (1987). Impacto de los fitopatógenos del suelo al cultivo del frijol en suelos bajo diferentes manejos en la Chontalpa, México. *Rev. Mexicana de Fitopatología. Res. Anal. Sobre Frijol XIII* (2): 96.
- ROSENTAL, M.; IUDIN, P. (1981) Diccionario fisisófico. Editorial Ediciones revolucionarias. La Habana. 498 p
- ROSEÑADA, A. (1973). Principales hongos fitopatógenos de Cuba, Edit. Cient. Técnica. Ciudad de La Habana. Cuba. 170 p.
- ROSEWICH, U.; MCDONALD, B.A. (1994). DNA Fingerprinting in Fungi», *Meth. Mol. Cell. Biol.* 5:41-48, EE.UU., 1994.
- ROSSI, R. E.; MULLA, D. J.; JOURNEL, A. J.; FRANZ, E. H. (1992). Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monogr.* 62: 277–314.
- ROSSI, R. R.; BORTH, P. E.; TOLLEFSON, J. J. (1993). Stochastic simulation for characterizing ecological spatial patterns and appraising risk. *Ecol. Appl.* 3: 719–735.
- ROUMAGNAC, P.; PRUVOST, O.; CHIROLEU, F.; HUGHES, G. (2004). Spatial and temporal analyses of bacterial blight of onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. *Phytopathology* 94:138-146.

- ROUXEL F. (1978). Étude de la résistance microbiologique des sols aux Fusarioses vasculaires. Application aux sols de la Basse Vallée de la Durance. Thèse docteur-es-Sciences Naturelles. Université de Dijon. France.
- ROWELL, D.L. (1994). Soil Science: methods y applications. Ed, Logman Scientific & Technical. Englahd.350 pp.
- ROWE, R.; MILLER, S.; RIEDEL, R. (2003). *Rhizoctonia solani* Kühn stem and stolon canker of potato Columbus (EEUU) Ohio State University. Disponible en la Web: (www.ohioline.oso.edu/lines/facts.html).
- RUÍZ, A.; FERNÁNDEZ, E.; LEYVA, A. (2001). Efecto de la solarización del suelo sobre el control de nemátodos y hongos patógenos del suelo. Boletín Fitosanitario Vol. 11 (3). 7-32 pp.
- RUIZ, A.; FERNÁNDEZ, E.; LEYVA, A. (2005). Introducción de agentes de control biológico (*Trichoderma* sp) de *Rhizotonia solani* Kühn en suelos solarizados o encalados en condiciones de invernadero. Boletín Fitosanitario Vol. 15 (2). 9 - 34 pp.
- RUSH, C. M. (1984). Evaluation of deep – chiseled anhydrous ammonia as a control for *Phymatotrichum* root rot of cotton. *Phytopathology* 74: 291 – 293.
- RUSH, C.M., (1994). Evaluation of deep-chiseled anhydrous ammonia as a control for *Rhizoctonia solani* root rot of cotton. *Phytopathology* 84:321-323.
- SAGARPA (SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y MEDIO AMBIENTE)(2000). Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Región Lagunera SAGARPA, Comarca Lagunera. Cd. Lerdo, Durango, México. 140pp.
- SAGARPA(SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y MEDIO AMBIENTE) (2006). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). México, D. F. 165 pp.
- SAINS, J. M.; NAVARRETE–MAYA, R.; NAVARRETE–MAYA, J.; ACOSTA–GALLEGOS, J. A. (2008). Dinámica de las pudriciones de la raíz del frijol en el Valle de México. *Agric. Téc. Méx.* 34(2):213–223pp.
- SALAZAR, H.F., GARCÍA, E.R.; TLAPAL, B.B. (1990). Evaluación de residuos de las plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*) y apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) sobre los hongos *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* Kühn en frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Memorial del XVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa, México. p. 102.

- SALAZAR, O.; SCHNEIDER, J. H.; JULIAN, M. C.; KEIJER, J.; RUBIO, V. (1999). «Phylogenetic Subgrouping of *Rhizoctonia solani* AG 2 Isolates Based on Ribosomal ITS Sequences», *Mycologia* 91:459-467, EE.UU.
- SALAZAR, O.; JULIAN, M. C.; HYAKUMACHI, M.; RUBIO, V. (2000). Phylogenetic Grouping of Cultural Types of *Rhizoctonia solani* AG 2-2 Based on Ribosomal ITS Sequences», *Mycologia* 92:505-509, EE.UU.
- SALINAS, H. (2008). Tecnología informática I: análisis de correlación lineal. Chile: Universidad de Atacama. 13 p.
- SÁNCHEZ, M.; E. GARCÍA; LL. RODRÍGUEZ; J. FERNÁNDEZ. (1992). Evaluación de plagas y enfermedades en el cultivo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en la región occidental de Cuba. Taller Científico Técnico Nacional por el V Aniversario de la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín (ETIA-H). MINAGRI. 22p.
- SÁNCHEZ, M.; E. GARCÍA; LL. RODRÍGUEZ; J. FERNÁNDEZ; PÉREZ, N. (1996). Determinación del comportamiento agronómico del frijol caupí sembrado en diferentes épocas de siembra en la zona Oriental. Informe final de Investigación. Material no publicado. ETIA-H- IHL, La Habana, 14p.
- SÁNCHEZ, M. (1998). Época de siembra del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en el Oriente y Occidente. Tesis de maestría para la obtención del título de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana. 97p.
- SÁNCHEZ, H. M.; HECHEVARRÍA, R.; GARCÍA, S. E. (1999). Comportamiento agronómico de introducciones de *Vigna unguiculata* L. Walp. en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, 45p.
- SÁNCHEZ, M.; GARCÍA, E.; RODRÍGUEZ, L. L.; FERNÁNDEZ, J. (2004). Comportamiento agronómico de nuevas variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) bajo las condiciones de Cuba. Evento Científico Internacional del Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba, 45p.
- SÁNCHEZ, J. L. (2005). Evaluación de los parámetros de rendimiento en diferentes líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Holguín. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín, Holguín, Cuba. 81p.
- SÁNCHEZ, A. J. H.; CÁRDENAS, M. (2006). Etiología y daño de las pudriciones radicales del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Durango. *Rev. Chapingo* 12(58-59): 43-49.
- SÁNCHEZ, R., (2007). Perfeccionamiento del proceso de evaluación del desempeño en las SUM de La Habana (Metodología). LaHabana, 96 h.

Tesis en opción al título de Máster en Dirección. Universidad Agraria de La Habana.

- SÁNCHEZ, M. (2008). Evaluación del comportamiento agronómico de variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en siembras durante todo el año, en el Oriente y Occidente de Cuba. Informe final de Investigación. Material no publicado. ETIA-H- IIHLD, La Habana, 11p.
- SÁNCHEZ, M. (2009). Períodos y fechas de siembras en frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en el Occidente y Oriente del País. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, 101p.
- SÁNCHEZ, J. L.; HECHEVARRÍA, R.; GARCÍA, S. E. (2011). Evaluación fitosanitaria de variedades de *Vigna unguiculata* L Walp. (frijol caupí) en siembras realizadas durante todo el año en la zona oriental de Cuba. Evento Científico Técnico Nacional de la Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín. (UEICA-H). Holguín, Cuba. 11p.
- SÁNCHEZ, A.C.; MIRANDA, I.C.; FERNÁNDEZ, B. A. (2016). Distribución espacial y temporal de *Empoasca spp* (Typhlocybae) en un campo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Rev. Protección Veg. Vol 31 No.3: 159 – 164. ISSN: 2224- 4697.
- SANDOVAL, I.; SÁENZ, M. (1992). Estudio preliminar del biocontrol de *Phytophthora nicotianae* y *Rhizoctonia solani* en tabaco mediante *Trichoderma spp*. Resúmenes Biotecnología Habana '92.
- SANDOVAL, I.; LÓPEZ, M. O. (2001). Hiperparasitismo de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma pseudokoningii* sobre diferentes hongos fitopatógenos», Fitosanidad 5(1):41-44, Cuba.
- SANDOVAL, I.; LÓPEZ, M. O.; STEFANOVA, M.; BERNAL, B.; NEYRA, M.; GARCÍA, D.; RODRÍGUEZ, F. (2001). Hongos que causan damping off en el tomate y control con *Trichoderma harzianum* cepa A 34 para el manejo integrado de plagas en el cultivo en Cuba. IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, Libro de Resumen, Varadero, 11-15 junio.
- SANDOVAL, A.; GAXIOLA, J. (2003). Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Mexicana de Fitopatología, diciembre, año/vol. 21, número 003 Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. Ciudad Obregón, México pp. 272-277
- SANOGO, S. (2002). Chile pepper and wilt diseases. Plant Health Progress April. 1- 5 pp.
- SANTIESTEBAN, S. R. (2000). Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en dos épocas del

- año. Tesis de Maestría en opción al Título de Master en Producción Vegetal, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Bayamo M. N., 80p.
- SANTIESTEBAN, S. R. (2002). Efecto de la densidad de siembra en variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en dos épocas de siembra en la zona Oriental de Cuba. XIII Congreso Científico INCA. República de Cuba. Nov. 12-15. VI Taller de Biofertilización en los trópicos INCA. Ciudad de la Habana. Cuba. 7p.
- SARIOL, B. J. (1984). Período crítico del Maíz en competencia con las malas hierbas y su relación con las patologías del suelo. *Rev. Ciencias Agrícolas* (Aniv. XI), 3, 15-20p.
- SAUCEDO O. (2002). La solarización como medida fitosanitaria. III. Efecto sobre supervivencia de hongos fitopatógenos del suelo. *Rev. Centro Agrícola*. Año 4. No. 28. Oct-dic. 91-92p.
- SAVE (1996). Plagas y enfermedades del género *Vigna* en la zona nororiental de Cuba y estrategias para su control. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Holguín, MINAGRI, Holguín, 14p.
- SAWYER, J. (1989). Inconstancy of Taylor's b: simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.*, 31: 11-24pp.
- SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P.; BAUMGARTNER, R. (2001). Geostatistical análisis of *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*, 47(3):174-184pp.
- SCHELEUB, U.; MULLER, F. (2001). Requirements for soil sampling in the contexto f ecosystem research. *Sci. Total Environ.*, 264:193-197pp.
- SCHELLING, J. (1970). Soil genesis, soil classification and soil survey. *Geoderma*, 4:165-193 pp.
- SCHEW, B. B.; BEUTE, M. K.; CAMPBELL, C. L. (1997). Spatial pattern of southern stem rot caused by *Sclerotium rolfsii* in six North Carolina peanut fields. *Phytopathology*, 74 (6) , 730-735p.
- SCHOTZKO, D.; O'KEEFFE, L. (1989). Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in Lentils. *Journal of Economic Entomology* 82 (5): 1277-1288.
- SCHOTZKO, D. J.; O'KEEFFE, L. E. (1990). Effect of sample placement on the geostatistical analysis of the spatial distribution of *Lygus hesperus* in lentils. *J. Econ. Entomol.* 83: 1888– 1900.
- SCHWARTZ, H.F.; GÁLVEZ, G.E. (1980). Problemas de la Producción de Frijol. CIAT, Cali, Colombia. 424 p.

- SCHWARTZ, H. F. (1997). Reaction of selected mexican and USA bean lines to *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 40:95-96.
- SCHWARTZ, H.R.; BRICK, M.A.; NULAND, D.S.; FRANC, G.D. (2005). Dry Bean Production and Pest Management. Central High Plains Dry Bean Group and Beet Group. Regional Bulletin 562 A. 106 p.
- SCHROEDER, K.L.; PAULITZ, T. C. (2012). First report of root rot caused by *Rhizoctonia solani* Kühn AG-10 on canola in Washington state. Plant Disease 96, 584p.
- SEIDEL, D. (1976). Lista preliminar de hongos fitopatógenos de Cuba. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 186p.
- SELLSHOP, J. P. (1982). Cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) field crops. Abstract, Niger, 259-266p.
- SETALA, H.; TYYNISMAA, M.; MARTIKAINEN, E.; HUHTA, V. (2004) Mineralisation of C, N, P and influence the other microelements of soil in relation to the soil fauna fungi. Ecology 85: 1742 –1748.
- SEVACHERIAN, V.; STERN, V.J. (1992). Spatial distribution patterns of *Lygus bugs* in California cotton fields. Environ. Entomol., 1: 695-704.
- SHAMA, S. (2007). Seed transmittion of *Rhizoctonia solani* in Cowpea, Geobias 15 (2-3), 99-102p.
- SHAMA,S,M.; RAGHUNATHAN, A.N.; SHETTY, H.S. (2008).Histopathological studies on *Rhizoctonia solani* Infected seeds of *Vigna unguiculata* L.Walp. Current Science 77:645-648.
- SHARMA, S.C.; SOHI, H.S. (1985). Effects of differents fungicides against *Rhizoctonia solani* root rot on french bean . Indian. Journ. of Micology and Plant Pathology 82:216-220. Res. Anal. sobre Frijol. X(1)
- SHARMA O. P.; LAVEKAR, R. C.; MURTHY, K. S.; PURI, S. N. (2000). Diversidad del habitat en el MIP. Estudio de un Caso en el Ecosistema de Algodonero de Maharashtra. Publicación electrónica.
- SHORT, G.E.; WYLLIE, T. D; AMMÓN V. D. (2004). Quantitative enumeration of *Macrophomina phaseolina* in soybean tissues. *Phytopathology* 88 (7), 736-771p.
- SHOUSE, P. J.; DASBERG, S.; JURYW. A.; STOLZY L. H (1989). Water dficit effect on water potencial, yield and water use of cowpea. *Agronomy*,5 (73), 233-236p.
- SIBERNAGEL, M. J.; MILLS, L.J. (1990). Genetic and cultural control of *Fusarium* root rot in bush snap beans. Plant Disease 74: 61 – 66.

- SILBERNAGEL, M. J.; MILLS, L. J. (2000). Genetic and cultural control of *Fusarium* root rot in bush snap beans. *Plant Dis.* 84:41-46.
- SILVERTOWN, J. (2004) Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 605-611.
- SINGH, S. R.; JACKIE, N. (1995). Insects pests of Cowpea in Africa. Their life Cycle, Economic Importance and Potential for Control. International Institute of Tropical Agriculture. Cowpea Research production and utilization. Edited by S.R. Sing & K.O Rachaie. Ibadan, Nigeria, 14p.
- SINGH S.K.; NENE, Y. L.; REDDY, M. V. (1996). Influence of cropping systems on *Macrophomina phaseolina* populations in soil. *Plant Dis.* 74(10):812-814.
- SINGH, B. B.; CHAMBLISS, O. L.; SHARMA, B. (1997). Recent advances in cowpea breeding in advances cowpea. Edition Copublication of Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Research Center of Agricultural Science (JIRCAS), Nigeria, 30-49p.
- SINGH, B. B.; CHAMBLISS, O. L.; SHARMA, B. (2003). Influence by organic amendmentes and nitrogen fertilizer on soil disease of Cowpea. *Phytopathology*, 151: 30-33p.
- SINGLETON, L. L.; MIHAIL, J. D.; RUSH, C. M. (1992). Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 265p.
- SNEH, B.; L. BURPEE; A. OGOSHI (1991). Identification of *Rhizoctonia* sp, The American Phytopathological Society, APS Press, EE.UU.
- SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. (1993). Identification and Epidemiology de *Rhizoctonia solani*. American Phytopathological Society, St. Paul, M.N. 134p.
- SNEH, B.; JAJABI-HARE, S.; NEATE, S.; DIJST, G.(1997). *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Diseases Control. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda.
- SNEH, B.; A. OGOSHI. (1998). Identification of *Rhizoctonia* species. American Phytopathological Society, APS Press. St. Paul, Minnesota. 135 p.
- SNEH B.; ICHIELEVICH-AUSTER, M. (2009). Induced resistance of cucumber seedlings caused by nonpathogenic *Rhizoctonia* (np-R) isolates. In: International Symposium on *Rhizoctonia*, Facts and Challenges in Pathology, Taxonomy, Ecology and Disease Control. Abstr. N.º P-8-3. Noordwijkerhout, The Netherlands.
- SOKAL, R.R., ODEN, N.L.; BARKER, J.S.F. (1987). Spatial structure in *Drosophila buzzatii* populations: simple and directional spatial

-
- autocorrelation. Am. Nat. 129:122-142.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1995). Ecological Methods. With particular reference to the study of insects population. 2nd Edition. Chapman & Hall. USA. 7-47pp.
- SPEIGHT, M.; HAILS, R.; GILBERT, M.; FOGGO, A. (1998). Horse chestnut scale *Pulvinaria regalis* (Homoptera: Coccidae) and urban host tree environment. Ecology 79: 1503-1513.
- STALPERS, J. A.; ANDERSON, T. F. (1996). A Synopsis of the Taxonomy of Teleomorphs Connected with *Rhizoctonia* s.l.», B. Sneh, S. JajabiHare, S. Neate, G. Dijst: *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Diseases Control, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda.
- STAKMAN, E. C.; HARRAR, J. G.(1957). Principles of Plant Pathology. Ronald Press, NY. New edition.
- STATITCF (1999). ITCF. Versión 4.
- STEFANOVA, M.; SANDOVAL, I.; MARTÍNEZ, M.; HEREDIA, I.; ARIOS, M.; ARÉVALO, R. (2005). Control de hongos fitopatógenos del suelo en semilleros de tabaco con *Trichoderma harzianum*», Fitosanidad 9(3):35-38.
- STEFANOVA, M. (2007). Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. Págs. 75-79. IISV. Cuba. Fitosanidad. Vol. 11. No. 3.
- STEFANOVA, M.; VÁZQUEZ, L. L. (2011). Características y uso de bioplaguicidas contra plagas del suelo. En: Seminario Nacional de Manejo Agroecológico del Suelo. Sociedad Cubana de Ciencias del Suelo. Comisión de Conservación de Suelos. Ciudad de La Habana.
- STRASHNOV, Y.; ELAD, Y.; CHET, I. (1985). Integrated control of *Rhizoctonia solani* by methyl bromide and *Trichoderma harzianum* plant. Phytopatology 34: 146 – 151.
- SUMMERFIELD, R. J. (1986). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) field crops abstracts. Edition *Tropical Agriculture*, Nigeria, 301-312p.
- SUMMERFIELD, R.J.; DART, P. J.; HUGUES, P. A. (1988). Some effects of environmental stress on seeds yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Edition *Tropical Agriculture*, Nigeria, 11-31p.
- SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. (1991). Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. Edition *Experimental Agriculture*, Nigeria, 11-31p.
- SVOBODA, K.P. (1990). The antimicrobial properties of marjoram (*Origanum majorana* L.) to control soil borne fungi. Flavour Fragrance Journal 5:187-190.

- TACHIBANA, H.; JOWET, D.; FEHR, W. R. (1981). Determination of losses in soybeans caused by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 61, 1444-1446pp.
- TANAKA, K.; MIZOKAMI, H.; MOTOMURA, T.; INADA, M. (1993). Effect of soil submerging on the sclerotial survival of *Sclerotium rolfsii*. Bull. of The Fac. of Agric Saga University N°. 76:87-93.
- TANNURE, CLAUDIA L.; MAZZA, SILVIA M. (2004). Caracterización geostatística de la distribución espacial de *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del algodón. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: A-017.
- TELLO, J.; LACASA, A. (2004). Las enfermedades de origen edáfico y su control en los pimentonales del Campo de Cartagena. Una interpretación retrospectiva del sexenio 1979-1985. In: Desinfección de suelos en invernaderos de pimientos. Ed.: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 11-26 pp
- TELLO J.C.; DE CARA, M.; PALMERO, D.; GARCÍA, A.; SANTOS M. (2006). La desinfección del suelo en cultivos protegidos. In: Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos. Coord. F. Camacho Ferre y J.C. Tello Marquina. Ediciones Agrotécnicas. Madrid 11-63pp.
- TRIOMPHE, B. (2008). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Departamento de Ambiente y Sociedad. Centro para la Cooperación Internacioonal de la investigación Agrícola para el desarrollo. Disponible en la página Web: <https://www.acts.withscience.com/Descargas/Técnicas.pdf>.
- THURSTON, H. D. (1990). Plant disease management practices of traditional farmers. *Plant disease*, 74, 96-100p.
- TODA, T.; HYAKUMACHI, M.; SUGA, H.; KAGEYAMA, K.; TANAKA, A.; TANI, T. (1999). Differentiation of *Rhizoctonia* AG-D isolates from Turfgrass Into Subgroups I and II Based on rDNA and RAPD Analysis», *Eur J. Plant. Pathol.* 105:835-846, Alemania.
- TODA, T; MUSHIKA, T.; HAYAWAKA, T.; TANAKA, A.; TANI, T.; HYAKUMACHI, M. (2005). Brown Ring Patch: a New Disease on Bentgrass Caused by *Waitea circinata* var. *circinata*», *Plant Dis* 89:536-542, EE.UU.
- TOMASO-PETERSON M.; TREVATHAN, L.E.(2007). Characterisation of *Rhizoctonia*-like fungi isolated from agronomic crops and turfgrasses in Mississippi. *Plant Disease* 91, 260-5.
- TORRES, H. (1997). Soil-borne and foliar diseases in the highland tropicos. En: *Fungal Diseases of the Potato. Report of the Planning conference on Fungal Diseases of the Potato, held at CIP, Lima, Perú, September 21-25, 1987.* p. 169-180.

- TOVAR, C. J. (2008). Evaluación de la capacidad antagonista "in vivo" de aislamientos de *Trichoderma spp* frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Trabajo de Grado presentado para optar al título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, 59p.
- TOWSEND, G. R.; HAUBERGER, J. W. (1963). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicides experiments. *Plant Disease Rept.* ,27,340-343.
- TROYO, E.; SERVIN, R.; ARNAUD, G.; NIETO, A. (2008). Estrategias para el diseño y ejecución de programas de muestreo y control de plagas agrícolas en zonas geográficas prioritarias. Centro de investigaciones biológicas del noroeste. La Paz B.C.S., México. En: IV Congreso Latinoamericano de ecología y II Congreso peruano de ecología. Perú. p. B3.
- TSROR L, (2010). Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solanion* potato. *Journal ofPhytopathology* 158, 649-58
- TUITERT, G.; SZCZECH, M; BOLLEN, G. J. (2001). Suppression of *Rhizoctonia solani* to potting mixes amended with compost made from organic household waste. *Phytopathology* 88:764-773.
- TURK, K. J.;HALL, A.E. (1980). Drowght adaption of cowpea. The influence of drowght on plant growth and relations with seed yield. *Agronomy*, 172,428-433p.
- UGURO, M.; UZO, J. (1991). Segregation pattern of decumbent, climbing and busby growth habits in *Vigna unguiculata* L. Walp. Edition *Tropical Agriculture*, Niger, 173-176p.
- UI, T. (1973). Zonation in cultures of *Rhizoctonia solani* Kühn under continuous darkness. *Trans. Mycology Society Japan.* 14: 179-184.
- USANDIVARAS, J. C. (2006): Introducción a la Geoestadística. Nociones de Geoestadística. Disponible en <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/~jcu/estadistica/Nociones%20de%20geoestad%E Dstic.pdf>
- VAILLANT D.; ROMERO C.; RAMOS E.; GONZÁLEZ M.; RAMÍREZ R.; GÓNZÁLEZ J. (2008). Efecto Inhibitorio de cinco monoterpenos sobre un aislado de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad* Vol 12. No 3. Pags.197-200. INISAV. Cuba
- VALLONE, S.D. (2006). Enfermedades de soja. *Mundo Soja* 122-132p.
- VAN BRUGGEN, A.H.; WHALEN, C.; ARNESON, P. (1996). Emergence, growth, and development of dry bean seedlings in response to temperature, soil moisture, and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 76: 568-572.

- VANDERPLANK, J. E. (1963). Plant diseases: epidemics and control. New York : Academic Press, 1963. 349 p.
- VARGAS, E. M. (2006). Caracterización del antagonismo a *Rhizoctonia solani* Kühn. En suelos Paperos de Ecuador. Tesis de grado. Universidad Central de Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito. INIAP.
- VARÓN, R. U.; RAMÍREZ, S. I. (2008). Evaluación del antagonista *Trichoderma lignorum* al tratar la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) contra el hongo *Rhizoctonia solani*, agente causal del añublo de la vaina», Memorias VII Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, La Habana, 21-24 de mayo del 2008.
- VÁZQUEZ, L.; RODRÍGUEZ, E. (1999). Plantas hospedantes de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en Cuba», *Fitosanidad* 3(3):37-40, Cuba.
- VÁZQUEZ, L.L.; FERNÁNDEZ, E. (2007). Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos. ACTAF-INISAV. Editorial CIDISAV. 121 p.
- VÁZQUEZ, L. L. (2008), Manejo integrado de plagas. Preguntas y respuestas para técnicos y agricultores. Ed. Nuevo Milenio. (486p.). ISBN: 9-789590-505430
- VÁZQUEZ, L. L.; FERNÁNDEZ, E.; PAREDES, E.; GANDARILLA-BASTERRECHEA, H.; PÉREZ, Y.; GONZÁLEZ, M.; SISNE, M. L. (2009). Complejidad del manejo del suelo en la lucha contra las plagas agrícolas. En: Seminario nacional de manejo agroecológico del suelo. Sociedad cubana de ciencias del suelo. Comisión de Conservación de Suelos. Ciudad de La Habana.
- VÁZQUEZ, L. L. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica. Boletín Fitosanitario 15 (1): 117p. ISSN: 1816-8604.
- VÁZQUEZ, L. L.; FERNÁNDEZ, E. (2012). Manejo agronómico de fitopatógenos del suelo. Ciudad de la Habana. INISAV.
- VÁZQUEZ, P. Y; PEÑA, P. E.; VELÁSQUEZ P. F.; PEÑA, P. E. (2014). Fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) bajo diferentes frecuencias de riego en un suelo Fersialítico pardo rojizo típico del norte de Las Tunas. Innovación Tecnológica Vol. 20, No. 1 enero-marzo 2014 (ISSN 1025-6504)
- VECHIATO, M.H.; CASTRO, J. L.; ISHIMURA, I.; SABINO, J.C.; MENTEN, J. O. (1997). Actranose do feijoeiro correlacao entre severidade em vagens e a incidencia do patógeno nas sementes. Fitopatología Brasileira (Sao Paulo) 22 (2): 159 – 163.

- VELÁZQUEZ, R.; MEDINA, M.; RUÍZ, J. (2001). Symptomatology and genera of pathogens associated with pepper (*Capsicum annum* L.) root rots in North-Central Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 175 – 185.
- VERA, R.; GUERRERO, C. (2005). “Análisis de la variabilidad espacial de plagas en el cultivo de la caña de azúcar” (Tesis, Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral).
- VERA, R. (2006). Análisis geoestadístico de la variabilidad espacial de *Perkinsella saccharicida* en plantaciones de caña. Artículo Científico. Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- VILGALYS, R. (1988). Genetics relatedness among anastomosis groups in *Rhizoctonia solani* as measured by DNA/DNA hybridization, *Phytopathology* 78:698-702, EE.UU.
- VILGALYS, R.; D. GONZÁLEZ (1990). Ribosomal DNA restriction fragment length polymorphisms in *Rhizoctonia solani*, *Molecular Plant Pathology* 80 (2):151-158, EE.UU., 1990b.
- VILGALYS, R.; D. GONZÁLEZ (1990a). Organization of Ribosomal DNA in the Basidiomycete *Thanatephorus praticola*, *Curr. Genet.* 18:277-280, Alemania.
- VILGALYS, R.; M. CUBETA (1994). Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*, *Annual Review of Phytopathology* 32:135-155, EE.UU.
- VILLA, P.M.; PALENCIA, R. L. (2009). Actividad fungicida del extracto acuoso de *Tagetes erecta* sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. Depósito Legal: ppi200802AR3105. Disponible desde internet en: <http://www.inia.gob.ve/images/stories/docman/IH04pvilla>
- VILLAGRAN, M.; JIMENEZ, F.; SORIA, F.J.; OCETE, M. E. (2002). Muestreo aleatorio simple y muestreo sistemático de las poblaciones de *Curculio elephas* (Gyllenhal) (Col: curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller) (Lep: tortricidae) en encinas Bol. San. Veg. Plagas, 28: 59-66.
- VOLAND, R. P. y EPSTEIN, A. H. (1998). Development of suppressiveness to diseases caused by *Rhizoctonia solani* in soils amended with composted and non composted manure. *Plant Dis.* 78, 461-466.
- WALLACE, M. K.; HAWKINS, D.M. (1994). Applications of geostatistics in plant nematology. *Journal of Nematology*, 26(4S): 626-634.
- WALKLEY, A.; BLACK, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil. Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63: 251 – 263.

- WEBSTER, R.; BOAG, B. (1992). Geostatistical analysis of cyst nematodes in soil. *Journal of Soil Science*, 43: 583-585.
- WEINHOLD, A. R.; SINCLAIR, J.B. (1996). *Rhizoctonia solani*: penetration, colonization and host response», Sneh B, Jajabi-Hare S, Neate S, Dijst G.: *Rhizoctonia* Species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and diseases control, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda.
- WHARTON P., K.; DEVAN W. B.; SIEGLINDE, S. (2007). *Rhizoctonia* stem canker and black scurf of potato. www.potatodiseases.org.
- WHITE, T. J.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J.W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics», PCR protocols: a guide to methods and applications, San Diego. Academic Press, EE.UU. 315-322 pp.
- WILLIAMS, P. K. (1992). The evaluation of genotypes for intercropping, in Proc. International Intercropping Workshop. ICRISAT, Hyderabad, India, 105-116p.
- WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R. P.; CLAYTON, M.K. (1997). Mapping soil test phosphorous and potassium for variable-rate fertilizer application. *J. Prod. Agric.* 7:441-448.
- WOODHALL, J.W.; WHARTON, P.S.; PETERS, J.C. (2012). First report of *Rhizoctonia solani*AG4 HG-II infecting potato stems in Idaho. *Plant Disease* 96, 1701.
- WOPERIS, M.C.; GASCUEL ODOUX, C.; BORRUIE, G.; SOIGNET, I.G. (1998). Spatial variability of heavy metals in soil on a one-hectare scale. *Soil Science*, 146:113-118.
- YAMADA, T. (2005). Simposio discute relacoes entre nutricao mineral de plantas e outros fatores abioticos e a incidencia de doencas de plantas. *Informacoes Agronomicas* 109: 8-13p.
- YAMADA, T.; STREETER, T.C.; RENGEL, S. M.; GRAHAM, R. D. (2008). Fertilisation increases tolerance to *Rhizoctonia solani* (AG 8) in *Medicago truncatula*. *Plant and soil* 228: 233-242p.
- YANG, X. B.; BERGGREN, G. T.; SNOW, J. P. (1990). Seedling infection of soybean by isolates of *Rhizoctonia solani*, causal agent of aerial blight and Web Blight of soybeans. *Plant Disease*, 74, 485-488p.
- YANG, H. A.; SIVASITHAMPARAM, K.; BARTON, J. E.; O'BRIEN, P. A. (1995). Characterization of cereal bare match isolates of *Rhizoctonia solani* by random amplified polymorphic DNA analysis, *Plant Pathol.* 44:811-818, EE.UU.

- YANG, G.; NATTO, S.; DONG, W. (2006). Identification and pathogenicity of *Rhizoctonia solani*. Causing wirestem of *Betula nigra* in China. *Phytopathology*, 154: 80-83.
- YANG, S.; FANXIANG, M.; WENZHONG, W.; QI, W.; MEI, G.; YUNFEI, G.; XUEZHI, D.; DIANQIU, L. (2017). Anastomosis group and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* associated with stem canker and black scurf of potato in Heilongjiang province of China. *American Journal of Potato*, Volume 94, Issue 2, pp 95–104
- ZAMORA, R. A. (1999). Efecto de la densidad de siembra en la variedad IITA-Precoz (*Vigna unguiculata* L. Walp.) de crecimiento determinado en dos épocas del año. Tesis de Maestría en opción al Título de Master en Producción Vegetal, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Bayamo M. N., 81p.
- ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J.; GARCÍA, D. (2001) Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management* 144: 33-42.
- ZAMORA-NATERA, J. F.; BERNAL-ALCOCER, A.; RUIZ-LÓPEZ, M.; SOTO-HERNÁNDEZ, M.; ESCALANTE-ESTRADA, A.; VIBRANS-LINDEMANN, H. (2005). Perfil de Alcaloides de Semillas de *Lupinus exaltatus* Zucc. (Fabaceae) y la Evaluación Antifúngica del Extracto Alcaloideo y Lupanina contra Fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 4(23):124-129.
- ZAMORA, F. I.; RAMÍREZ DAVILA, J. F.; ARRIAGA, M. R.; NÉMIGA, X.A.; LARA, A. V. (2016). Distribución espacial del trips en aguacate en Coatepec, Harinas, Estado de México. *Rev. Méx. Ciencia Agríc.* Vol.7 No. 4. Texcoco.
- ZAMORANO, M.A.; PLOPPER, L.D.; GONZÁLEZ, V.; GÁLVEZ, R.; JALDO H.E.; DÍAZ, C.G. (2004). Effect of planting date and soybean cultivar on the development of diseases caused by *Fusarium solani* f. sp. *Glycines* y *Rhizoctonia solani* Kuhn in Tucumán, Argentina. . En Documentos: Abstracts of Contributed papers and posters of VII^o World Soybean Research Conference. Pág 80. ISSN 1516-781X.
- ZAPATA, A. (2007). Efecto de diferentes períodos de esterilización de sustrato Artesanal a base de vapor de agua, sobre el desarrollo fenológico e incidencia del mal de talluelo en plántulas de hortalizas. Tesis. Ing. en Agroecología Tropical. León, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. 56p.
- ZIMDAHL, R. I. (1980). Crop Competition: A Review Corvallis. INS, Plant Protection Center, Universidad Oregón State, Estados Unidos de América.

- ZÚÑIGA, B.; MALDA, G.; SUZÁN, H. (2005). Interacciones planta-nodrizas en *Lophophora diffusa* (Cactaceae) en un desierto subtropical de México. *Biotrópica* 37: 351-356.
- ZÚÑIGA, B. F.; GÓNZALEZ, D. H.; PRIETO, J. L.; CARRANZA, M. C. (2008). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad nacional autónoma de México. Universidad autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Instituto Nacional de Ecología. Segunda Edición, ISBN 970-32-1778-8.
- ZÚÑIGA, L.; PÉREZ, R. (2012). Desarrollo local turístico bajo la concepción de una metodología para gestión ambiental urbana en Gibara, Cuba. *Revista Estudios y Perspectivas en Turismo* 21: 339 – 354.
- ZÚÑIGA A. J. (2014). Variabilidad genética de *Rhizoctonia solani* en diferentes condiciones climáticas y resistencia a variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) repositorio.uaaan.mx

Anexos

Anexo 1 a, b, c. Resumen diario del comportamiento de las variables meteorológicas meses: Abril, Mayo y Junio, 2016.

a) Mes Abril.

Días	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Temperatura del suelo (°C)		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1	32,2	20,2	24,7	93	50	72	6,5	0,0	51,2	20,3	30,4
2	31,1	21,1	24,7	93	47	74	6,5	0,0	51,0	20,1	31,0
3	31,4	20,2	24,1	92	50	72	5,2	0,0	51,5	20,0	31,1
4	31,4	21,3	24,1	93	41	73	5,6	0,0	51,3	21,2	30,2
5	31,0	21,2	24,3	91	50	72	5,8	0,5	51,2	20,3	31,3
6	31,4	21,1	24,1	92	50	75	5,4	0,0	50,5	20,2	30,1
7	30,2	21,3	25,6	93	51	72	5,2	0,0	50,2	21,1	31,1
8	31,3	20,1	24,7	93	49	74	5,3	0,0	51,2	20,5	30,3
9	31,3	21,0	24,5	92	50	74	5,4	0,0	51,5	19,7	31,1
10	31,2	20,4	24,7	93	44	73	5,3	0,0	51,2	20,6	31,0
11	30,3	21,5	24,3	92	42	72	5,4	0,0	52,2	20,5	30,1
12	29,9	20,3	24,6	90	51	73	5,3	0,1	50,1	20,1	30,0
13	31,1	21,0	25,0	91	50	76	5,2	0,0	50,4	21,8	30,6
14	31,1	21,1	24,5	94	42	75	5,3	0,0	51,0	20,2	31,6
15	31,2	20,5	24,8	90	50	76	5,2	0,0	52,2	20,0	31,0
16	32,3	21,0	25,6	93	51	75	5,3	4,2	51,0	20,6	30,3
17	31,1	21,2	24,7	92	50	74	5,2	0,0	51,2	21,5	31,4
18	32,1	21,4	24,6	93	51	75	5,1	0,4	42,5	20,1	30,7
19	31,2	21,0	25,0	92	50	75	5,0	0,0	51,1	20,2	30,3
20	28,8	21,1	25,3	93	50	73	5,1	1,8	42,1	20,6	30,1
21	31,3	21,1	25,8	93	50	75	4,4	0,0	48,3	21,0	30,3
22	31,2	21,3	25,8	92	46	73	3,2	0,0	51,2	20,5	30,6
23	30,2	20,5	25,5	92	51	74	4,9	0,0	52,1	21,0	30,7
24	32,0	21,2	25,6	94	50	74	5,2	10,0	51,2	20,4	31,6
25	32,1	20,1	25,4	93	50	75	5,4	0,0	50,5	20,6	30,7
26	31,2	20,5	26,0	93	50	76	4,3	0,0	51,3	20,3	31,2
27	31,2	21,5	26,3	92	50	80	4,2	0,0	50,2	20,2	30,6
28	31,1	21,2	26,4	92	50	80	3,2	0,0	45,3	20,3	30,1
29	32,2	21,0	26,5	92	51	81	3,5	6,8	47,1	20,4	30,0
30	31,1	21,4	27,0	92	51	81	5,3	0,0	49,2	20,5	30,5

b) Mes Mayo.

Días	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Evaporación (mm)	Precipitación(mm)	Temperatura del suelo (°C)		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1	32,7	23,9	27,7	93	60	81	7,5	0,0	55,9	23,0	33,4
2	32,1	24,5	27,7	92	61	81	7,5	0,0	53,0	22,1	33,0
3	31,6	23,8	27,1	92	60	80	7,2	0,0	52,5	22,0	32,1
4	31,8	22,8	27,1	93	61	80	6,6	0,0	55,0	21,2	33,8
5	32,2	24,2	27,3	92	62	84	5,8	0,0	55,0	23,3	31,3
6	32,4	24,1	27,1	92	61	84	5,9	0,0	56,5	23,0	32,1
7	30,8	24,3	26,6	93	63	79	6,5	0,0	50,2	23,1	31,1
8	31,3	22,6	26,7	93	49	74	7,5	0,0	56,2	20,5	33,3
9	31,5	23,0	26,5	92	56	78	6,9	0,0	54,9	21,9	33,8
10	31,2	21,4	26,3	93	44	73	7,1	0,0	53,2	20,6	32,0
11	30,6	21,5	26,3	92	42	64	6,4	0,0	54,0	20,5	32,1
12	29,9	21,3	26,1	93	58	73	5,9	0,1	50,1	20,1	30,0
13	31,8	24,0	27,0	94	57	77	7,2	0,0	50,4	21,8	30,6
14	31,5	25,1	27,5	94	58	78	6,3	0,0	51,0	22,2	31,6
15	32,2	25,3	27,8	93	60	78	6,9	0,0	54,8	22,4	32,4
16	32,3	24,0	27,6	92	55	75	7,3	0,0	56,0	22,6	32,8
17	33,2	23,2	27,7	92	58	80	5,5	0,0	56,8	22,0	32,8
18	32,3	24,4	27,2	93	64	86	3,1	0,2	42,5	23,7	30,7
19	32,6	24,0	27,0	92	62	89	2,7	6,6	52,5	23,5	30,3
20	28,8	22,8	25,3	93	85	93	1,9	0,4	36,0	22,0	30,1
21	31,3	22,8	25,8	93	64	89	3,4	1,0	48,3	21,0	30,3
22	31,5	22,3	25,8	92	61	83	3,2	1,3	55,2	20,9	31,6
23	31,4	22,5	26,5	92	63	81	4,7	0,0	56,5	21,0	30,7
24	32,2	22,5	26,9	92	52	78	5,7	0,0	55,8	20,8	32,9
25	32,7	21,1	26,9	93	53	78	5,4	0,0	55,0	20,6	32,0
26	33	22,8	26,0	93	59	86	3,3	41,7	55,9	21,9	31,2
27	34	23,5	27,1	93	50	81	4,2	0,0	50,8	21,5	30,6
28	31,9	23,9	27,2	93	61	84	2,9	0,0	45,3	23,0	30,1
29	32,2	23,0	26,9	93	67	86	3,5	10,4	47,1	21,4	30,0
30	33,7	24,4	28,0	94	63	81	5,3	0,0	49,2	23,0	30,2
31	33,2	24,6	28,3	93	61	82	6,5	0,0	51,5	23,0	32,7

c) Mes Junio.

Días	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Temperatura del suelo (°C)		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1	33,4	23,7	27,3	93	62	87	3,8	4,0	50,7	22,6	30,6
2	33,0	23,8	27,3	94	63	86	2,9	1,6	47,7	24,0	30,8
3	34,2	24,5	27,0	93	56	85	3,4	0,6	49,0	24,2	31,1
4	34,8	23,9	27,7	93	47	82	2,9	39,1	56,0	24,0	32,4
5	33,8	23,9	28,3	94	59	83	3,2	0,0	43,8	22,5	31,1
6	32,2	25,0	28,0	93	59	82	3,0	4,5	46,7	24,0	31,5
7	33,4	23,3	28,1	93	55	78	3,4	0,0	50,0	22,8	33,5
8	35,0	23,2	27,3	93	45	80	3,0	17,5	64,1	22,7	34,8
9	34,1	23,2	26,9	94	51	83	2,3	5,1	45,5	22,3	32,1
10	34,8	22,4	27,8	93	50	80	5,1	2,0	53,5	22,1	31,5
11	34,2	23,9	28,6	92	53	82	6,0	0,0	53,2	23,0	34,4
12	32,7	24,4	28,5	93	52	79	9,0	0,0	53,8	23,5	34,2
13	33,2	24,5	28,6	94	55	77	7,7	0,0	55,7	23,5	32,8
14	33,7	23,2	28,3	94	60	78	7,6	0,0	50,3	23,6	33,9
15	34,4	23,9	28,7	93	57	78	4,6	0,0	54,8	23,0	36,4
16	33,8	24,6	28,9	95	52	76	6,3	0,0	54,3	24,0	36,7
17	34,1	24,0	28,8	94	54	75	6,3	0,0	55,2	23,8	36,3
18	33,7	24,4	28,7	93	56	78	4,8	0,0	54,3	24,0	34,3
19	33,3	25,2	28,8	94	49	74	2,4	0,4	49,8	24,1	33,0
20	32,8	25,3	28,7	93	57	77	8,5	0,5	49,8	24,3	31,6
21	33,2	25,6	28,8	93	52	74	7,8	0,0	50,7	24,0	35,2
22	32,1	24,7	27,8	94	60	79	11,2	2,0	50,5	24,2	32,3
23	31,9	25,2	28,1	95	61	80	8,6	1,2	50,0	24,0	33,3
24	32,3	24,8	28,0	94	61	80	9,2	0,0	51,2	23,5	31,8
25	33,8	24,0	27,2	94	55	84	4,6	23	48,7	23,3	30,5
26	32,7	23,1	27,7	93	64	83	6,9	0,0	41,4	22,8	30,9
27	33,5	25,0	28,7	94	54	77	7,3	0,0	49,8	23,7	33,7
28	33,0	24,1	27,2	93	51	83	5,5	19,6	55,0	23,5	31,8
29	32,7	24,0	26,9	94	61	84	3,3	0,0	45,3	23,0	31,2
30	32,6	24,2	28,1	94	66	85	3,8	0,0	44,3	22,6	31,6

Anexo 2. Promedio mensual del comportamiento de las variables meteorológicas. Abril - Junio, 2016.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Temperatura del suelo (°C)		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
Abril	31,2	20,9	25,2	92	49	71,4	5,07	23,8	50,0	20,5	30,7
Mayo	31,9	23,4	26,9	92,7	50,3	72,1	5,48	61,7	50,8	21,9	31,6
Junio	33,4	24,2	28,1	93,5	52,1	73,2	5,70	125,4	52,7	23,4	32,8

Anexo 3. Valores de la humedad del suelo (%) por ha, en cada muestreo y experimento realizado en las entidades evaluadas.

Muestreo	Fecha	Ha	Experimento 1		Experimento 2	
			Granja Estatal	CPA	Granja Estatal	CPA
			Hum. suelo (%)	Hum. suelo (%)	Hum. suelo (%)	Hum. suelo (%)
15 días	11 de Mayo	1	23,43	26,71	22,75	23,85
		2	21,42	20,50	22,53	25,40
		3	29,45	22,43	23,43	23,23
		4	22,55	22,32	21,37	22,23
		5	24,23	22,08	24,35	21,38
		6	25,57	19,90	23,73	21,60
22 días	18 de Mayo	1	22,48	24,67	22,75	24,28
		2	23,43	20,73	22,68	20,13
		3	22,88	22,43	22,45	22,63
		4	23,67	20,50	24,10	21,42
		5	22,33	22,08	22,70	22,42
		6	23,23	20,00	23,68	20,37
29 días	25 de Mayo	1	22,55	24,08	23,33	25,61
		2	22,33	20,73	22,42	21,25
		3	21,43	22,43	30,00	22,53
		4	20,27	22,32	21,55	22,72
		5	24,35	22,92	24,33	22,57
		6	22,73	20,93	24,55	20,90
36 días	1 de junio	1	22,73	21,15	22,68	23,47
		2	22,58	27,42	23,53	24,73
		3	22,75	23,23	22,76	22,83
		4	24,13	22,23	23,87	21,92
		5	23,10	21,38	22,59	22,48
		6	23,48	21,60	23,37	20,90
42 días	8 de junio	1	23,68	25,72	20,95	24,17
		2	23,43	21,78	22,55	21,53
		3	22,52	21,02	23,15	21,43
		4	23,67	22,90	21,02	22,72
		5	22,73	23,00	24,13	22,77
		6	23,23	20,20	24,53	21,12
49 días	15 de junio	1	23,45	24,87	23,72	23,58
		2	23,15	20,63	23,36	23,22
		3	22,82	22,43	22,42	22,59
		4	23,51	22,32	23,54	23,18
		5	22,70	22,47	22,62	21,70
		6	23,33	19,93	23,45	22,55
56 días	22 de junio	1	19,87	20,18	21,48	21,52
		2	20,55	28,22	23,35	25,68
		3	23,25	22,70	22,62	22,02
		4	19,02	23,78	23,77	22,84
		5	24,23	20,40	23,73	21,50
		6	25,57	21,60	23,49	22,20

Anexo 4. Valores totales de las variables relacionadas con la humedad del suelo por hectárea, en cada muestreo realizado en la Granja Estatal.

Muestreo	Ha	D.P. R. (mm)	D. P. R +Prec.(mm)	H. Inicial (mm)	Evapotrans.(mm)	H. final(mm)
15 días	1	20,00	22,60	93,88	4,99	121,25
	2	20,00	22,60	89,31	4,99	155,94
	3	20,00	22,60	114,19	4,99	119,50
	4	20,00	22,60	84,56	4,99	120,81
	5	20,00	22,60	90,88	4,99	121,00
	6	20,00	22,60	95,88	4,99	120,05
22 días	1	0,00	24,00	91,81	1,49	99,97
	2	0,00	24,00	87,88	1,49	99,16
	3	0,00	24,00	85,81	1,49	95,78
	4	0,00	24,00	88,75	1,49	94,78
	5	0,00	24,00	83,75	1,49	112,97
	6	0,00	24,00	87,13	1,49	100,66
29 días	1	18,00	0,20	84,56	2,59	90,52
	2	18,00	0,20	83,75	2,59	96,59
	3	18,00	0,20	80,38	2,59	94,52
	4	18,00	0,20	76,00	2,59	97,46
	5	18,00	0,20	91,31	2,59	92,46
	6	18,00	0,20	85,25	2,59	95,84
36 días	1	0,00	6,80	85,25	1,82	90,23
	2	0,00	6,80	84,69	1,82	89,66
	3	0,00	6,80	85,31	1,82	89,04
	4	0,00	6,80	90,50	1,82	95,48
	5	0,00	6,80	86,63	1,82	91,60
	6	0,00	6,80	88,06	1,82	88,66
42 días	1	22,00	39,50	93,08	1,44	141,25
	2	22,00	39,50	87,88	1,44	125,94
	3	22,00	39,50	84,44	1,44	122,50
	4	22,00	39,50	88,75	1,44	126,81
	5	22,00	39,50	85,25	1,44	123,31
	6	22,00	39,50	87,13	1,44	125,19
49 días	1	0,00	0,00	87,94	2,21	85,73
	2	0,00	0,00	86,81	2,21	84,60
	3	0,00	0,00	85,56	2,21	83,35
	4	0,00	0,00	88,75	2,21	86,54
	5	0,00	0,00	85,25	2,21	83,04
	6	0,00	0,00	87,13	2,21	84,92
56 días	1	22,00	22,2	70,75	5,38	89,37
	2	22,00	22,2	77,06	5,38	95,69
	3	22,00	22,2	87,19	5,38	103,31
	4	22,00	22,2	71,31	5,38	89,94
	5	22,00	22,2	90,88	5,38	109,50
	6	22,00	22,2	95,88	5,38	114,50

Anexo 5. Valores totales de las variables relacionadas con la humedad del suelo por hectárea, en cada muestreo realizado en la CPA.

Muestreo	Ha	D. P.R. (mm)	D.P. R +Prec.(mm)	H. Inicial (mm)	Evapotrans.(mm)	H. final(mm)
15 días	1	20,00	22,00	100,19	4,99	129,50
	2	20,00	22,00	76,88	4,99	116,85
	3	20,00	22,00	84,13	4,99	110,97
	4	20,00	22,00	83,69	4,99	120,74
	5	20,00	22,00	82,81	4,99	119,27
	6	20,00	22,00	74,63	4,99	111,62
22 días	1	0,00	20,0	92,50	1,49	91,21
	2	0,00	20,0	77,75	1,49	96,46
	3	0,00	20,0	84,13	1,49	98,84
	4	0,00	20,0	76,88	1,49	95,59
	5	0,00	20,0	82,81	1,49	91,52
	6	0,00	20,0	75,00	1,49	99,71
29 días	1	18,00	18,00	90,31	2,59	105,72
	2	18,00	18,00	77,75	2,59	93,16
	3	18,00	18,00	84,13	2,59	99,53
	4	18,00	18,00	83,69	2,59	99,10
	5	18,00	18,00	85,94	2,59	101,35
	6	18,00	18,00	74,75	2,59	90,16
36 días	1	0,00	6,80	79,31	1,82	83,04
	2	0,00	6,80	102,81	1,82	107,79
	3	0,00	6,80	87,13	1,82	92,10
	4	0,00	6,80	83,38	1,82	88,35
	5	0,00	6,80	80,19	1,82	85,16
	6	0,00	6,80	81,00	1,82	85,98
42 días	1	22,00	39,50	96,44	1,44	134,50
	2	22,00	39,50	81,69	1,44	119,75
	3	22,00	39,50	78,81	1,44	116,87
	4	22,00	39,50	85,88	1,44	123,94
	5	22,00	39,50	86,25	1,44	124,31
	6	22,00	39,50	75,75	1,44	113,81
49 días	1	0,00	0,00	93,25	2,21	91,04
	2	0,00	0,00	77,38	2,21	85,17
	3	0,00	0,00	84,13	2,21	81,92
	4	0,00	0,00	83,69	2,21	81,48
	5	0,00	0,00	84,25	2,21	82,04
	6	0,00	0,00	74,75	2,21	82,54
56 días	1	18,00	21,00	83,13	5,38	97,25
	2	18,00	21,00	105,81	5,38	120,44
	3	18,00	21,00	85,13	5,38	99,75
	4	18,00	21,00	89,19	5,38	103,81
	5	18,00	21,00	76,50	5,38	90,50
	6	18,00	21,00	81,00	5,38	95,62

Anexo 6. Características agroquímicas del suelo en las áreas evaluadas, según MINAGRI (2012).

Entidad	Tipo de suelo	miligramos / 100g de suelo							pH		M.O.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ₂ O	KCl	
Granja Estatal	Fersialítico Pardo rojizo Ócrico Ferromagnesianal	0,16	5,20 (1)	18,12 (1)	38,01	12,39	0,66	0,30	6,7	5,1	3,26 (2)
CPA	Fersialítico Pardo rojizo Ócrico Ferromagnesianal	0,15	6,25 (1)	15,08 (1)	36,88	9,04	0,75	0,40	7	5	3,14 (2)

(1) - Oníani

(2) - Walkely-Black

Anexo 7. Evaluación agroquímica de los elementos presentes en el suelo en las áreas evaluadas, según MINAGRI (2012).

Entidad	Tipo de suelo	miligramos / 100g de suelo							pH		M.O.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ₂ O	KCl	
Granja Estatal	Fersialítico Pardo Rojizo Ócrico Ferromagnésial	B	B	M	A	A	B	B	N	M.A.	M
CPA	Fersialítico Pardo Rojizo Ócrico Ferromagnésial	B	B	M	A	A	B	B	N	M.A.	M

Simbología de las Categorías:

- | | |
|-------------------|--|
| A - Alto | L.A. - Ligeramente ácido |
| M - Medio | L. alc. - Ligeramente alcalino |
| B - Bajo | M.A. - Medianamente ácido |
| N - Neutro | M. Alc. - Medianamente alcalino |

Anexo 8. Resultados de la comparación de los rendimientos totales promedios obtenidos en los dos experimentos realizados, mediante una prueba de comparación de medias.

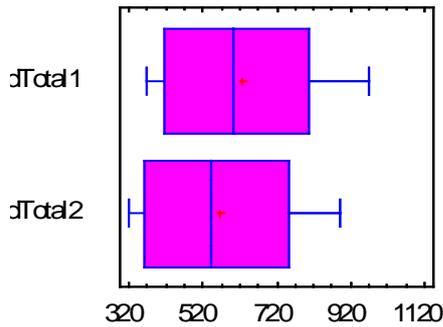
Summary Statistics

	Rend Total1	Rend Total 2
Count	12	12
Average	624,333	567,833
Variance	50233, 9	49264, 2
Standard desviation	224,129	221,955
Minimum	370, 0	322, 0
Maximum	970, 0	894, 0
Range	600, 0	572, 0
Stnd. skewness	0,282546	0,250444
Stnd. kurtosis	-1, 26443	-1, 34589

The Stat Advisor

This table shows summary statistics for the two samples of data. Other tabular options within this analysis can be used to test whether differences between the statistics from the two samples are statistically significant. Of particular interest here are the standardized skewness and standardized kurtosis, which can be used to determine whether the samples come from normal distributions. Values of these statistics outside the range of -2 to +2 indicate significant departures from normality, which would tend to invalidate the tests which compare the standard deviations. In this case, both standardized skewness values are within the range expected. Both standardized kurtosis values are within the range expected.

Box-and-Whisker Plot



Comparison of Means

95,0% confidence interval for mean of RendTotal1: 624,333 +/- 142,405 [481,928,766,739]

95,0% confidence interval for mean of RendTotal2: 567,833 +/- 141,024 [426,809,708,857]

95,0% confidence interval for the difference between the means assuming equal variances: 56, 5 +/- 188,842 [-132,342,245,342]

Test to compare means

Null hypothesis: mean1 = mean2

Alt. hypothesis: mean1 NE mean2

Assuming equal variances: t = 0,620486 P-value = 0,541313

The Stat Advisor

This option runs a t-test to compare the means of the two samples. It also constructs confidence intervals or bounds for each mean and for the difference between the means. Of particular interest is the confidence interval for the difference between the means, which extends from -132,342 to 245,342. Since the interval contains the value 0.0, there is not a statistically significant difference between the means of the two samples at the 95, 0% confidence level. A t-test may also be used to test a specific hypothesis about the difference between the means of the populations from which the two samples come. In this case, the test has been constructed to determine whether the difference between the two means equals 0,0 versus the alternative hypothesis

that the difference does not equal 0,0. Since the computed P-value is not less than 0,05, we cannot reject the null hypothesis.

NOTE: these results assume that the variances of the two samples are equal. In this case, that assumption appears to be reasonable based on the results of an F-test to compare the standard deviations. You can see the results of that test by selecting Comparison of Standard Deviations from the Tabular Options menu.

Comparison of Standard Deviations

	Rend Total1	Rend Total 2
Standard deviation	224,129	221,955
Variance	50233,9	49264,2
Df	11	11

Ratio of Variances = 1, 01968

95,0% Confidence Intervals

Standard deviation of RendTotal1: [158,772; 380,544]

Standard deviation of RendTotal2: [157,232; 376,853]

Ratio of Variances: [0, 293544; 3, 54208]

F-test to Compare Standard Deviations

Null hypothesis: $\sigma_1 = \sigma_2$

Alt. hypothesis: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 1, 01968 P-value = 0,974791

--

The Stat Advisor

This option runs an F-test to compare the variances of the two samples. It also constructs confidence intervals or bounds for each standard deviation and for the ratio of the variances. Of particular interest is the confidence interval for the ratio of the variances, which extends from 0,293544 to 3,54208. Since the interval contains the value 1.0, there is not a statistically significant difference between the standard deviations of the two samples at the 95,0% confidence level. An F-test may also be used to test a specific hypothesis about the

standard deviations of the populations from which the two samples come. In this case, the test has been constructed to determine whether the ratio of the standard deviations equals 1,0 versus the alternative hypothesis that the ratio does not equal 1,0. Since the computed P-value is not less than 0,05, we cannot reject the null hypothesis.

IMPORTANT NOTE: The F-tests and confidence intervals shown here depend on the samples having come from normal distributions. To test this assumption, select Summary Statistics from the list of Tabular Options and check the standardized skewness and standardized kurtosis values.

