

BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias · Universidad del Cauca

PUBLICACIÓN ANTICIPADA EN LÍNEA

El Comité Editorial de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial informa que este manuscrito ha cumplido los requisitos editoriales y científicos y ha sido aprobado para publicación, con base en los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Se publica anticipadamente, en versión pdf, de manera provisional, con base en la última versión electrónica del manuscrito y sin haber sido sometido a los procesos de edición, diagramación y corrección de estilo.

La versión anticipada de este manuscrito puede ser descargada, usada y citada, aclarando que la versión definitiva que se va a encontrar en la plataforma de la revista, puede diferir de ésta e aspectos de forma.

Resistencia de genotipos de ñame *Dioscorea* spp a la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz*

Resistance of yam genotypes *Dioscorea* spp to anthracnose *Colletotrichum* *gloeosporioides* Penz

CAMPO-ARANA, RODRIGO-ORLANDO¹ ; OBANDO-ECHEVARRÍA, MARTÍN²; PÉREZ-POLO, DAIRO³

RESUMEN

El ñame *Dioscorea* spp., es un cultivo de importancia económica en el Caribe colombiano, hace parte de la dieta alimenticia y del sustento para los productores. La antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* es una de las enfermedades más limitantes de la producción del ñame, reportándose en Colombia pérdidas entre el 50 y 100 %. Se evaluó la resistencia a la antracnosis en 84 accesiones de *D. alata* y 28 de *D. rotundata*, pertenecientes a la colección de ñame de la Universidad de Córdoba, a los 120, 150 y 180 días después de la siembra (DDS), empleando una escala de severidad de 0-6. Las accesiones fueron clasificadas por su resistencia, empleando el método de la suma de rangos del área bajo la curva de progreso ABCPE y el método de la severidad a los 120, 150 y 180 DDS. Se ajustó La severidad a los 180 DDS tuvo fuerte relación lineal $r = 0,99$ con la variable integral área bajo la curva de progreso de la enfermedad ABCPE y la tasa de progreso de la enfermedad TPE. La clasificación de la resistencia por el método de la suma de rangos fue la más eficiente identificando en *D. alata* 18 accesiones resistentes R, 24

* Proyecto de investigación origen: "Estrategias ecosostenibles para el manejo de enfermedades en cultivos tropicales de la región Caribe, colombiana". Financiación: Universidad de Córdoba. Finalización: diciembre de 2018.

¹ Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Agricultura Sostenible. M.Sc. Ph.D. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7649-7509>

² Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Agricultura Sostenible. Ingeniero Agrónomo. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9029-561X>

³ Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Agricultura Sostenible. M.Sc. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9041-5856>

Correspondencia: rocampoarana@correo.unicordoba.edu.co

Cómo citar este artículo

CAMPO-ARANA, RODRIGO-ORLANDO; OBANDO-ECHEVARRÍA, MARTÍN; PÉREZ-POLO, DAIRO. Resistencia de genotipos de ñame *Dioscorea* spp a la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 21, n. 1, 2023, p. xx-xx. Doi:

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 17 de Agosto 2021

Aprobado para publicación: 18 de Julio 2022

moderadamente resistente MR, 26 moderadamente susceptible MS y 16 susceptibles S. En la especie *D. rotundata* se identificaron 5 accesiones R, 8 MR, 8 MS, 6 S. La colección de ñame de la Universidad de Córdoba tiene accesiones con resistencia a la antracnosis, siendo importante iniciar con estas accesiones trabajos de mejoramiento, para identificar sus características agronómicas.

PALABRAS CLAVE: Área bajo la curva de progreso; Banco de germoplasma; *Dioscorea alata*; *Dioscorea rotundata*; Enfermedades fungosas; Epidemiología; Fitopatología; Método de sumas de rangos; Resistencia genética; Ñame.

ABSTRACT

The yam *Dioscorea* spp., is a crop of economic importance in the Colombian Caribbean, it is part of the food and sustenance diet for the producers. Anthracnose *Colletotrichum gloeosporioides* is one of the most limiting diseases in the production of yam, with losses between 50 and 100 % being reported in Colombia. The resistance to anthracnose was evaluated in 84 accessions of *D. alata* and 28 of *D. rotundata*, belonging to the collection of yam from the University of Córdoba, at 120, 150 and 180 days after sowing DDS, using a severity scale of 0-6. The accessions were classified according to their resistance, using the method of the sum of ranges of the area under the ABCPE progress curve and the method of severity at 120, 150 and 180 DDS. The severity at 180 DDS had a strong linear relationship $r = 0,99$ with the integral variable area under the ABCPE disease progression curve and the TPE disease progression rate. The classification of resistance by the rank sum method was the most efficient, identifying in *D. alata* 18 resistant R accessions, 24 moderately resistant MR, 26 moderately susceptible MS and 16 susceptible S. In the species *D. rotundata* were identified 5 accessions R, 8 MR, 8 MS, 6 S. The yam collection at the University of Córdoba has accessions with resistance to anthracnose, and it is important to start improvement work with these accessions to identify their agronomic characteristics.

KEY WORDS: Area under the curve of progress; *Dioscorea alata*; *Dioscorea rotundata*; Epidemiology; Fungal diseases; Genetic resistance; Germoplasm Bank; Plant pathology; Range sums method; Yam.

INTRODUCCIÓN

El ñame, *Dioscorea* spp. es un cultivo básico de la dieta de millones de personas habitantes en regiones tropicales y subtropicales del mundo, su valor nutricional respalda su importancia en la seguridad alimentaria (Kiba *et al.*, 2020; Morse, 2021). En el Caribe colombiano es el tubérculo más cultivado, es básico de la dieta de sus pobladores y los excedentes son una fuente de ingresos (Pérez y Campo, 2016). El ñame, además de su consumo fresco ha ganado importancia en la industria farmacéutica Wumbei *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021), igualmente, la presencia de polisacáridos con capacidad antioxidante, ha estimulado su consumo en la dieta humana (Zhou *et al.*, 2021; Shao *et al.*, 2022).

La producción mundial de ñame es de 74.321.794 t, de las cuales el 90 % son producidas en Nigeria con 50.052.977 t, seguido por Ghana 8.288.198 t, Costa de Marfil 7.148.000 t y Benín con 3.088.498 t; Colombia se ubica en el noveno lugar con 409.165 t, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019). En Colombia, la producción en el 2019 fue de 302.893,82 t; donde el 77 % se produjo en la región Caribe, en los departamentos de Bolívar y Córdoba y Sucre con 111.064, 85.288 y 37.269 t, respectivamente, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2019), es un cultivo de

economía familiar (MADR, 2020) que tiene como limitantes de la producción, la baja tecnología y bajos rendimientos (Kiba *et al.*, 2020).

Las especies más cultivadas son *Dioscorea alata* L. y *Dioscorea rotundata* Poir (Campo y Royet, 2020), donde *D. alata* es la más susceptible a la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz (Campo *et al.*, 2009). La antracnosis es considerada como la enfermedad más devastadora del cultivo en el mundo (Kwodaga *et al.*, 2019; Ntui *et al.*, 2021) cuyos síntomas se presentan inicialmente en las hojas, con la aparición de puntos rojos, que con el tiempo se necrosan, los tallos se ennegrecen y en los genotipos susceptibles se presenta necrosis apical y muerte descendente (Campo y Royet, 2020).

Los síntomas de la antracnosis en los genotipos de *D. alata* y *D. rotundata*, se manifiestan entre ellos con diferentes niveles de daño debido a la variabilidad genética entre los cultivares y a la diversidad patogénica de los aislados de *C. gloeosporioides* (Onyeca *et al.*, 2006; Jiménez *et al.*, 2009). Los cultivares de *D. alata* más sembrados en la región Caribe colombiana se identifican con los nombres regionales de Diamante 22, Concha de coco y Osito, siendo los dos últimos los de mayor susceptibilidad, pero los más preferidos por el consumidor local (Campo y Royet, 2020).

La estrategia más recomendada para el manejo de la enfermedad es el manejo integrado (Campo y Royet, 2020), destacándose el uso de la resistencia genética, ya que el control químico presenta limitantes al detectarse la resistencia de aislados de *Colletotrichum* spp. a varias moléculas fungicidas empleadas en el manejo (Han *et al.*, 2018; Arce *et al.*, 2019); se reporta resistencia a carbendazim (Hant *et al.*, 2018) y a tebuconazol (Kim *et al.*, 2020); además, el control químico no ha sido adoptado por los pequeños, los cuales no disponen de la tecnología ni del presupuesto para invertir en estrategias que involucren el empleo de agrotóxicos (Nwadii *et al.*, 2017). Otra estrategia que se viene investigando a nivel *In vitro* es el uso de aceites esenciales y de extractos vegetales, con resultados promisorios (Pérez *et al.*, 2017; Kwodaga *et al.*, 2019). En el manejo de la enfermedad no se puede descuidar el manejo de las malezas, ya que 15 familias de arvenses se han reportado hospedantes de *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* (Dentika *et al.*, 2021).

La resistencia genética es la estrategia en la que más se ha investigado, obteniéndose resultados promisorios con cruzamientos inter específicos, sin embargo, aún no se ha logrado una buena calidad de tubérculos (Lebot *et al.*, 2019). El mejoramiento clásico se dificulta por la baja tasa de compatibilidad de la biología floral de la especie y entre especies, siendo importante abordar otras estrategias de mejoramiento (Mondo *et al.*, 2020). La identificación de genotipos con resistencia a la antracnosis en los bancos de germoplasma de ñame se ha realizado en diferentes ambientes, mediante experimentos en campo, casa de malla o laboratorio, bien sea con inoculaciones artificiales o evaluación en áreas epidémicas (Nwadii *et al.* 2017; Ayisah *et al.*, 2019; Arya *et al.*, 2019). La clasificación de la resistencia se realiza con escalas de severidad (Simons y Green, 1994), a los 120, 150, o 180 días después de la siembra (Onyeca *et al.*, 2006). Correspondiendo para el Caribe húmedo colombiano con las fases fenológicas de máximo crecimiento vegetativo, tuberización media y máximo llenado del tubérculo respectivamente (Campo y Pérez, 2015). Otras investigaciones reportan exitosamente la evaluación de la resistencia de germoplasma a enfermedades, empleando herramientas estadísticas como la determinación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (Onyeca *et al.*, 2006; Ariyo *et al.*, 2014), sin embargo, la aparición de nuevas cepas de *Colletotrichum* spp. en los cultivos de ñame mucho más virulentas, hacen que el desarrollo de nuevas variedades con resistencia a la enfermedad sea cada vez más crítico (Ntui *et al.*, 2021)

En Colombia, son pocos los estudios que se han realizado para identificar la resistencia de las diferentes colecciones de ñame a la antracnosis, lo cual es importante realizarlo periódicamente debido a la dinámica de poblaciones de *Colletotrichum* spp., causantes de la antracnosis, reportándose aislados con diferentes grados de virulencia; por lo tanto se plantea este estudio para evaluar la resistencia de las accesiones de *D. alata* y *D. rotundata*, pertenecientes a la colección de ñame de la Universidad de Córdoba, Colombia, a la enfermedad.

MÉTODO

Localización

La investigación se realizó en el banco de germoplasma de *Dioscorea* spp. del campus de la Universidad de Córdoba, ubicado en el municipio de Montería a 14 m.s.n.m. 8° 44' latitud norte y 75° 53' de longitud oeste con precipitación anual de 1.346,1 mm humedad relativa del 84 %, temperatura promedio de 27,4 °C y brillo solar de 2.108,2 horas, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM, 2020).

Establecimiento del experimento. En junio de 2015, se establecieron 84 accesiones de *D. alata* (Cuadro 1) y 28 accesiones de *D. rotundata* (Cuadro 2) en el campus de la Universidad de Córdoba, área endémica de la enfermedad (Pérez y Campo, 2016). Cada accesión fue sembrada en parcelas de dos surcos de 5 m de largo a 1 m entre plantas y entre surcos. La severidad de cada accesión se determinó evaluando tres plantas por surco, en los tercios inferior, medio y superior del dosel a los 120, 150 y 180 días después de la siembra DDS, empleando la escala de Simons y Green (1994).

Cuadro 1. Accesiones establecidas de *Dioscorea alata* en el banco de germoplasma de la Universidad de Córdoba durante el año 2015.

Accesión	Nombre vulgar	Accesión	Nombre vulgar	Accesión	Nombre vulgar
002	Pepita	056	Seda	122	Criollo largo
003	Osito	059	Criollo	123	Cenizo
004	Seda	056	Seda	124	Oso redondo
005	Osito	059	Criollo	126	Mestizo
006	Peludo	061	Mampujan	127	Mestizo (B)
007	Colonero	063	Manteco	128	Criollo peludo
008	Peludo	064	Osito	130	Te encontré
009	Mampujan	065	Diamante 22	131	Plateño
012	Seda	066	Osito	132	Mestizo redondo
013	Osito M.	067	Osito	133	Mestizo largo
016	Colonero	068	Bolañero	134	Seda
019	Osito	069	Bolañero	135	Lomo de caimán
020	Osito	070	Diamante 22	136	Palanca
021	Osito	071	Seda	137	Concha de coco largo
022	Pico de botella	072	Osito	138	Palomero
024	Peludo	073	Pico de botella	140	Coco
025	Bolañero	093	Osito	141	Oso largo
027	Diamante 22	094	Mampujan	143	Pico de botella
028	Osito	098	Mampujan	145	Manito criolla
029	Bolañero	099	Mampujan	146	Criollo
034	Pico de botella	100	Ecuatoriano	147	Seda
035	Pico de botella	101	Peludo	148	Mestizo (morado)
036	Osito	103	Morado	149	Concha de coco redondo
037	Mampujan	106	Mampujan (totuma)	150	Criollo pelado
038	Pico de botella	108	CB-1138	159	TDA 297

040	Canilla de muerto	109	CB-1280	160	TDA 98/011/83
042	Pico de botella	110	CB-1104	161	Osito higuérón
043	Osito	111	CB-1172	162	Mestizo
044	Canilla de muerto	112	Peludo	163	Criollo
045	Seda	113	Pico de botella	164	Medio pelo
046	Osito	114	Pico de botella	165	Criollo
047	Seda	116	Pico de botella	166	Mestizo
048	Seda	117	Manteco	171	TDR 98/01174
049	Pepita	118	Cola de caimán		
052	Osito	119	Mestizo		
053	Seda	121	Pelado redondo		

Cuadro 2. Accesiones establecidas de *Dioscorea rotundata* en el banco de germoplasma de la Universidad de Córdoba durante el año 2015.

Accesión	Nombre vulgar	Accesión	Nombre vulgar	Accesión	Nombre vulgar
010	Espino	085	Espino	153	Espino tradicional
041	Espino	086	Espino	154	Name sahino
051	Espino	087	Espino	157	TDC 95-293
057	Espino	088	Espino	158	TDC 95-294
060	Espino	089	Espino	167	TDR 98/01619
074	Espino	090	Espino	168	TDR 96/02456
075	Espino	091	Espino	169	TDR 98/00933
076	Espino	092	Espino	170	TDR 98/00515
077	Espino	095	Espino	172	TDR 96/02528
078	Espino	096	Espino	173	TDR 96/02312
079	Espino	097	Espino	174	TDR 98/00686
080	Espino	115	Espino	175	TDR 98/01267
081	Espino	125	Espino brasilero	176	TDR 98/01750
082	Espino	129	Espino venezolano	178	Espino brasilero
083	Espino	142	Espino tallo morado		
084	Espino	144	Name tachuela		

Clasificación de los genotipos por su resistencia a la antracnosis. El agrupamiento se realizó con los datos obtenidos con la escala de severidad empleando dos métodos: el primero se hizo siguiendo la metodología Simons y Green (1994) con modificaciones, agrupando como resistentes las accesiones con un daño foliar entre 0 y 12 % (clases 0, 1, 2 y 3), moderadamente resistentes, clase 4=entre 12 y 25 %; mediana susceptibilidad clase 5= entre 25 y 50 %; susceptible clase 6= > 50 %, a los 120, 150 y 180 días después de la siembra.

El segundo método fue el de agrupar las accesiones de acuerdo a la desviación estándar (DE) con la gran media; para esto se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad ABCPE, la cual se hizo con la integral de la severidad a los 120, 150 y 180 días después de la siembra (Campbel y Madden, 1990). Empleando el programa de Excel se asignó un rango para cada accesión, se estimó la gran media del rango y se clasificó la resistencia de cada genotipo basándose en la desviación estándar con la gran media, donde, de -2 a -1,1 desviaciones estándar DE se clasificaron como resistentes; de -1,0 a -0,1 DE como moderadamente resistentes; de 0,0 a 1,0 DE como moderadamente susceptibles y de 1,1 a 2,0 DE como susceptibles (Onyeka *et al.*, 2006).

Finalmente, se determinó la relación lineal entre los parámetros de la enfermedad, escala de severidad, ABCPE y la tasa de progreso de la enfermedad. Este análisis fue realizado con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Software) versión 9.4.

RESULTADOS

Las accesiones de ñame de *D. alata* y *D. rotundata* fueron afectadas por la antracnosis en diferentes grados de severidad, presentándose los primeros síntomas a partir de los 120 días después de la siembra DDS, en tanto que la epidemia se estableció aproximadamente desde los 160 DDS. La clasificación de la resistencia en los puntos críticos 120 y 150 DDS, no pudo realizarse por presentar baja severidad.

Con relación a las especies, las accesiones de *D. alata* fueron más susceptibles, presentándose a los 180 DDS una severidad media de 32,6 %, observándose presencia de la enfermedad en las 84 accesiones siendo la accesión 164 la menos afectada con 0,27 % y la más afectada fue la accesión 027 con 83,3 %. La media de la severidad de las accesiones de *D. rotundata* fue de 15,5 %, siendo la menos afectada la accesión 293 con 0,86 % y la más afectada la 086 con 55,2 %.

La distribución de la antracnosis en el dosel de la planta, independiente de la especie, se desarrolló de forma ascendente, manifestándose inicialmente en el tercio inferior. La severidad a los 180 DDS en promedio para *D. alata* en el tercio inferior fue del 40 %, mientras que en *D. rotundata* fue del 31 %. Las clasificaciones de la resistencia de las accesiones se presentan en las Cuadros 3 y 4, observándose variabilidad en la resistencia, siendo mayor en las accesiones de *D. rotundata* con un coeficiente de variación de 100 %, mientras que para *D. alata* fue de 62,75 %. El 38 % de las accesiones *D. alata* se agruparon con resistencia y mediana resistencia, mientras que para *D. rotundata* el 50 % se ubicaron entre resistentes y medianamente resistentes (Cuadro 5).

Cuadro 3. Clasificación de la resistencia de las accesiones *D. alata* a la antracnosis *C. gloeosporioides*, mediante los métodos de escala de notas (EN) y la suma de rangos.

ACC	EN	ABCPE	Suma de rango			ACC	EN	ABCPE	Suma de rango		
			Rango	DGMR	Grupo				Rango	DGMR	Grupo
164	R	27,45	1	-1,70	R	059	MR	373,95	30	-0,51	MR
1174	R	46,95	2	-1,66	R	072	MR	396,45	31	-0,47	MR
009	R	66,15	3	-1,62	R	020	MR	404,85	32	-0,43	MR
021	R	81,75	4	-1,58	R	022	MR	414,60	33	-0,39	MR
047	R	106,65	5	-1,54	R	042	MS	452,55	34	-0,35	MR
149	R	109,95	6	-1,50	R	008	MS	457,05	35	-0,31	MR
071	R	113,70	7	-1,46	R	036	MS	462,90	36	-0,27	MR
004	R	116,25	8	-1,41	R	048	MS	470,55	37	-0,23	MR
1183	R	124,05	9	-1,37	R	108	MS	482,10	38	-0,18	MR
112	R	154,20	10	-1,33	R	043	MS	483,90	39	-0,14	MR
099	R	154,80	11	-1,29	R	055	MS	487,05	40	-0,10	MR
147	R	159,60	12	-1,25	R	035	MS	520,65	41	-0,06	MR
166	R	166,20	13	-1,21	R	138	MS	523,80	42	-0,02	MR
127	R	204,60	14	-1,17	R	056	MS	531,60	43	0,02	MS
146	R	207,45	15	-1,13	R	068	MS	534,90	44,5	0,08	MS
119	R	207,60	16	-1,09	R	150	MS	534,90	44,5	0,08	MS
069	R	214,50	17	-1,05	R	113	MS	556,20	46	0,14	MS
103	MR	226,20	18	-1,00	R	106	MS	562,95	47	0,18	MS
134	MR	231,00	19	-0,96	MR	040	MS	564,00	48	0,23	MS
064	MR	232,35	20	-0,92	MR	140	MS	568,95	49	0,27	MS
109	MR	252,30	21	-0,88	MR	131	MS	573,75	50	0,31	MS
054	MR	280,35	22	-0,84	MR	136	MS	577,05	51	0,35	MS
038	MR	292,50	23	-0,80	MR	114	MS	584,55	52	0,39	MS
098	MR	295,50	24	-0,76	MR	135	MS	603,00	53	0,43	MS
029	MR	312,30	25	-0,72	MR	116	MS	630,60	54	0,47	MS
066	MR	314,10	26	-0,68	MR	005	MS	637,65	55	0,51	MS

122	MR	341,25	27	-0,64	MR	037	MS	643,65	56	0,55	MS
002	MR	350,25	28	-0,59	MR	162	MS	667,65	57	0,59	MS
135	MR	354,45	29	-0,55	MR	052	MS	700,80	58	0,64	MS
143	MS	706,20	59	0,68	MS	019	S	808,95	72	1,21	S
065	MS	711,15	60	0,72	MS	006	S	861,15	73,5	1,27	S
063	MS	714,30	61	0,76	MS	013	S	861,15	73,5	1,27	S
003	MS	724,95	62	0,80	MS	093	S	932,85	75	1,33	S
100	MS	726,45	63	0,84	MS	161	S	943,80	76	1,37	S
061	MS	747,45	64	0,88	MS	034	S	977,40	77	1,41	S
120	MS	766,20	65,5	0,94	MS	163	S	1071,30	78	1,46	S
025	MS	766,20	65,5	0,94	MS	016	S	1099,80	79	1,50	S
126	MS	786,60	67	1,00	MS	145	S	1106,10	80	1,54	S
094	MS	795,00	68	1,05	MS	150	S	1188,75	81	1,58	S
073	MS	802,50	69	1,09	S	040	S	1273,80	82	1,62	S
045	MS	805,05	70	1,13	S	121	S	1290,00	83	1,66	S
053	MS	806,40	71	1,17	S	027	S	1291,35	84	1,70	S
										GMR=42,50	

ACC: Acesión; EN: Escala de notas con severidad de la enfermedad a los 180 DDS; GMR: Gran media del rango; ABCPE: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad a los 120, 150 y 180 DDS; DGMR: Desviación del rango de la gran media de rango [DGMR=(Rango-GMR)/D. Estándar del rango]; R: Resistente; MR: Medianamente resistente; MS: Medianamente susceptible; S: Susceptible.

Cuadro 4. Resistencia de accesiones de *D. rotundata* a la antracnosis *C. gloeosporioides* mediante los métodos de escala de notas y el de suma de rangos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

ACC	EN	ABCPE	Suma de Rango			ACC	EN	ABCPE	Suma de Rango		
			Rango	DGMR	Grupo				Rango	DGMR	Grupo
293	R	11,25	1,5	-1,58	R	528	MR	225,9	15	0,06	MS
076	R	11,25	1,5	-1,58	R	084	MR	265,35	16	0,18	MS
088	R	15	3	-1,40	R	041	MR	269,1	17	0,30	MS
154	R	21	4	-1,28	R	081	MR	307,5	18	0,43	MS
619	R	22,5	5	-1,16	R	129	MR	340,65	19	0,55	MS
312	R	33,75	6,5	-0,97	MR	089	MR	365,4	20	0,67	MS
091	R	33,75	6,5	-0,97	MR	087	MS	408,9	21	0,79	MS
125	R	41,25	8	-0,79	MR	144	MS	412,65	22	0,91	MS
010	R	45,75	9	-0,67	MR	267	MS	461,25	23	1,03	S
153	R	52,5	10	-0,55	MR	456	MS	480,9	24	1,16	S
082	R	52,65	11	-0,43	MR	097	MS	521,25	25	1,28	S
686	R	58,8	12	-0,30	MR	095	MS	583,8	26	1,40	S
750	R	113,7	13	-0,18	MR	092	MS	702,45	27	1,52	S
933	R	218,55	14	-0,06	MR	086	S	875,25	28	1,64	S
										GMR=14,5	

ACC: acesión; EN: Escala de notas con severidad de la enfermedad a los 180 DDS; GMR: Gran media del rango; ABCPE: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad a los 120; 150 y 180 DDS; DGMR: Desviación del rango de la gran media de rango [DGMR=(Rango-GMR)/D. Estándar del rango]; R: Resistente; MR: Medianamente resistente; MS: Medianamente susceptible; S: Susceptible.

Cuadro 5. Agrupamiento por resistencia a la antracnosis, accesiones de *D. alata* y *D. rotundata*, mediante escala de notas (EN) y suma de rangos del área bajo la curva de progreso.

Grupos de resistencia	<i>D. alata</i>		<i>D. rotundata</i>	
	EN	Suma de rangos	EN	Suma de rangos
1	17	18	14	5
2	16	24	6	8
3	38	26	7	8
4	13	16	1	6
Total	84	84	28	28

Grupos de resistencia: 1=Resistente; 2= Moderadamente resistente; 3= Moderadamente susceptible; 4=Susceptible. EN: escala de notas a los 180 días después de siembra DDS. Suma de rangos a los 120, 150, 180 DDS

La clasificación realizada con la escala de severidad a los 180 DDS y, mediante la suma de rangos del ABCPE, permitió identificar diferencias en cuanto a la resistencia de los genotipos, teniendo fuerte relación en las accesiones de *D. alata*, con el número de accesiones resistentes, coincidiendo en el 94 % de las accesiones y susceptibles el 81,25 % con los dos métodos de clasificación, mientras que las accesiones de *D. rotundata* no presentaron una buena relación entre los dos métodos.

El método de suma de rangos del área bajo la curva permitió clasificar con mayor claridad las accesiones de las dos especies en los cuatro grupos de resistencia, identificándose en la especie *D. alata* 18 accesiones resistentes, 24 moderadamente resistentes, 26 moderadamente susceptibles y 16 susceptible. En las 28 accesiones de *D. rotundata*, seis fueron resistentes, ocho moderadamente resistentes, ocho moderadamente susceptibles y seis susceptibles.

Relación entre los parámetros de la enfermedad. Las evaluaciones de severidad realizadas con la escala de severidad a los 120 y 150 DDS no mostraron relación con el área bajo la curva de progreso ni con la tasa aparente de infección, presentando una alta dispersión de los datos y un bajo coeficiente de determinación (datos no mostrados), por presentarse en esas épocas baja severidad en las accesiones de las dos especies oscilando entre 0 y 5 % de severidad. La severidad medida a los 180 DDS en las accesiones de *D. alata* y *D. rotundata* tuvo una fuerte relación lineal con el ABCPE y con la tasa aparente de infección con $r = 0,99$ para las dos especies (Figura 1); igualmente, la tasa de progreso de la enfermedad de las accesiones de *D. alata* y *D. rotundata* presentó correlación fuerte positiva con los niveles de severidad $r = 0,98$ y $0,99$ respectivamente, sin embargo, el cultivar 059 de *D. alata* tuvo una mediana desviación de la línea de tendencia (Figuras 1A y 1C).

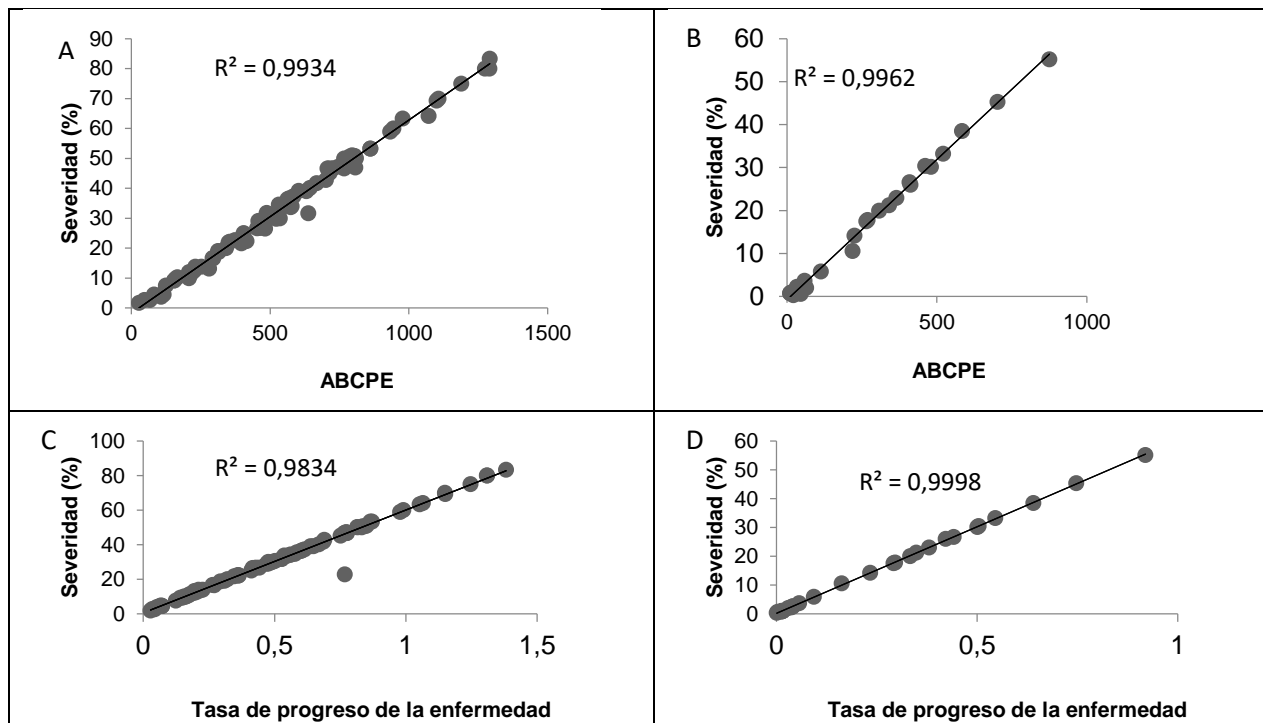


Figura 1. Relaciones entre la severidad de la antracnosis, en accesiones de ñame, a los 180 días, con el área bajo la curva de progreso ABCPE y la tasa de progreso de la enfermedad. A y C= *D. alata*; B y D= *D. rotundata*; ($p=0,01$)

La identificación de genotipos de ñame con resistencia a la antracnosis es una estrategia que se sigue implementando en los países productores gracias a la alta variabilidad que existe entre las diferentes colecciones de *Dioscorea* spp procedentes del INRA, IITA y otras que se encuentran en países caribeños, Sur América, países africanos, logrando identificar accesiones promisorias y estables en diferentes ambientes (Onyeca *et al.* 2006; Adefoyeke *et al.*, 2008; Nwadili *et al.*, 2017).

Durante el periodo de estudio, la antracnosis se estableció tardíamente en el banco de germoplasma de la Universidad de Córdoba, lo que impidió hacer la identificación de la resistencia a los 120 y 150 DDS, como lo proponen otros investigadores (Nwadili *et al.*, 2017); luego, esas fechas críticas de evaluación y selección no siempre son las apropiadas para experimentos de campo cuando la epidemia se establece tardíamente (Onyeca *et al.*, 2006), teniendo ventaja el uso del ABCPE por ser una medida integral, requiriendo mínimo dos evaluaciones, una al inicio de la epidemia y la otra al final (Ariyo *et al.*, 2014).

El momento adecuado para identificar la resistencia de las accesiones con la escala de severidad fue a los 180 DDS cuando se obtuvo una buena distribución de la enfermedad en toda la colección. Comparando los métodos de agrupamiento de la resistencia a los 180 DDS, no hubo marcadas diferencias entre ellos, coincidiendo en las accesiones de *D. alata*, en la categoría resistente el 20,20 % y susceptibilidad del 15,40 %, mientras que con las accesiones de *D. rotundata* solo hubo relación para la categoría mediana resistencia de 21,40 % y mediana susceptibilidad del 25 % (Cuadro 5).

Independiente al método de selección, se afirma que la colección de *Dioscorea* spp de la Universidad de Córdoba tiene alta variabilidad de genes de resistencia a la antracnosis, agrupándose en las cuatro categorías, coincidiendo con la diversidad molecular de las accesiones de esta colección reportado por Rivera *et al.* (2012). La presencia de la enfermedad en diferentes fases fenológicas y su distribución espacial no uniforme, justifica la clasificación de la resistencia empleando el ABCPE para evitar escapes en la evaluación bajo condiciones de campo (Onyeca *et al.* 2006 y Nwadili *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

El método más apropiado para clasificar la resistencia de las especies de *Dioscorea* spp., fue el de la suma de rangos del área bajo la curva de progreso de la enfermedad, permitiendo agrupar las accesiones de las dos especies en cuatro grupos de resistencia. Las accesiones identificadas como resistentes y moderada resistencia, pueden considerarse como genotipos promisorios, para futuros trabajos de mejoramiento genético o de liberación de clones con resistencia a la antracnosis.

Las accesiones de *D. alata* identificadas como resistentes fueron: 164, 1174, 009, 021, 047, 149, 071, 004, 1183, 112, 099, 147, 166, 127, 146, 119, 069, 103. En *D. rotundata* se identificaron como resistentes las accesiones: 293, 076, 088, 154, 619

REFERENCIAS

ADEFOYEKE. O.; ADURAMIGBA-MODUPE. A.O.; ASIEDU. R.; ODEBODE. A.C. Reaction of *Dioscorea alata* (water yam) to anthracnose disease in Nigeria. Journal of Food and Agriculture & Environment, v. 6, n. 3, 2008, p. 248-252.

- ARCE, C.; VARELA, I.; TORRES, S. Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*, v. 30, n. 2, 2019, p. 381-393.
[10.15517/AM.V30I2.32653](https://doi.org/10.15517/AM.V30I2.32653)
- ARYA, R.; SHEELA, M.; JEEVA, M.; ABHILASH, P. Identification of Host Plant Resistance to Anthracnose in Greater Yam (*Dioscorea alata* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 8, n. 8, 2019, p. 1690-1696.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.808.199>
- AYISAH, K.; BANITO, A.; OUPRESSAWA, M. Screening of *D. alata* varieties grown in Togo for resistance to yam anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Applied Biosciences*, v.138, 2019, p. 14082-14091.
[10.4314/jab.v138i1.8](https://doi.org/10.4314/jab.v138i1.8)
- CAMPO-ARANA, RODRIGO-ORLANDO; PEREZ-POLO, DAIRO-JAVIER. Efecto de la densidad de siembra y la fenología del ñame *Dioscorea* spp. sobre la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides*. *Fitopatología Colombiana*, v. 39, n. 2, 2015, p. 37-40.
- CAMPO-ARANA, RODRIGO-ORLANDO; ROYET-BARROSO, JHOANDYS. La antracnosis del ñame y estrategias de manejo: una revisión. *Temas Agrarios*, v. 25, n. 2, 2020, p. 190-201.
<https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2458>
- DENTIKA, P.; OZIER-LAFONTAINE, H.; PENET, L. Weeds as pathogen hosts and disease risk for crops in the wake of a reduced use of herbicides: Evidence from yam (*Dioscorea alata*) fields and colletotrichum pathogens in the tropics. *Journal of Fungi*, v. 7, n. 4, 2021.
<https://doi.org/10.3390/jof7040283>
- ITALY. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2019. Datos sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data> [consultado agosto 3 de 2021]
- HAN, YONG-CHAO; ZENG, XIANG-GUO; XIANG FA-YUN; ZHANG, QING-HUA; GUO, CONG; CHEN, FENG-YING; GU, YU-CHEN. Carbendazim sensitivity in populations of colletotrichum gloeosporioides complex infecting strawberry and yams in hubei province of china. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 17, n. 6, 2018, p. 1391-1400.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61854-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61854-9)
- COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. 2020.
<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/> [consultado agosto 3 de 2021]
- KIBA, D.I.; HGAZA, V.K.; AIGHEWI, B. A transdisciplinary approach for the development of sustainable yam (*Dioscorea* sp.) production in west Africa. *Sustainability*, v. 12, n. 10, 2020.
<https://doi.org/10.3390/su12104016>
- KIM, C.H.; HASSAN, O.; CHANG, T. Diversity, pathogenicity, and fungicide sensitivity of colletotrichum species associated with apple anthracnose in south korea. *Plant Disease*, v. 104, n. 11, 2020, p. 2866-2874
<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0050-RE>
- KWODAGA, J.K.; SOWLEY, E.N.K.; BADII, B.K. Antifungal activity of plant extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* (penz.) the causative agent of yam anthracnose disease. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, v. 52, n. 1-2, 2019, p. 218-233.
<https://doi.org/10.1080/03235408.2019.16043.3>
- LEBOT, V.; ABRAHAM, K.; KAOH, J. Development of anthracnose resistant hybrids of the Greater Yam (*Dioscorea alata* L.) and interspecific hybrids with *D. nummularia* Lam. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 66, 2019, p. 871–883.
<https://doi.org/10.1007/s10722-019-00756-y>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Estadísticas: área. producción. rendimiento y participación de ñame. 2019.

<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1> [consultado agosto 3 de 2021]

MONDO, J.M.; AGRE, P.A.; EDEMODU, A.; ADEBOLA, P.; ASIYEDU, R.; AKORODA, M.O. Floral biology and pollination efficiency in yam (*Dioscorea spp.*). Agriculture (Switzerland), v. 10, n. 11, 2020, p. 1-21.

<https://doi.org/10.3390/agriculture10110560>

MORSE, S. The role of plant health in the sustainable production of seed yams in nigerian: A challenging nexus between plant health, human food security, and culture. Plant Pathology, v. 71, 2021, p. 43-54

<https://doi.org/10.1111/ppa.13409>

NTUI, V.O.; UYOH, E.A.; ITA, E.E. Strategies to combat the problem of yam anthracnose disease: Status and prospects. Molecular Plant Pathology, v. 00, 2021, p. 1-13.

<https://doi.org/10.1111/mpp.13107>

NWADILI, C.; RANJANA, J.; ATENHNKENG, J.; LOPEZ-MONTES, ANTONIO. Comparative reliability of screening parameters for anthracnose resistance in water yam (*Dioscorea alata*). Plant Disease, v. 101, n. 1, 2017, p. 209-216.

<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-16-0924-RE>

ONYEKA, T.J.; PETRO, D.; ANO, G.; ETIENNE, S.; RUBENS, S. Resistance in water yam (*Dioscorea alata*) cultivars in the French West Indies to anthracnose disease based on tissue culture-derived whole-plant assay. Plant Pathology, v. 55, n. 5, 2006, p. 671-678.

<https://10.1111/j.1365-3059.2006.01436.x>

PEREZ-CORDERO, A; CHAMORRO-ANAYA, L.; VITOLA-ROMERO, D.; HERNANDEZ-GOMEZ, J. Actividad antifúngica de *Cymbopogon citratus* contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Agronomía Mesoamericana, v. 28, n. 2, 2017, p. 465-474.

<https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23647>

PÉREZ-POLO, DAIRO-JAVIER; CAMPO-ARANA, RODRIGO-ORLANDO. Efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de ñame espinoso (*Dioscorea rotundata* Poir) tipo exportación. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, v. 10, n. 1, 2016, p. 89-98.

<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.5072>

RIVERA-JIMENEZ, HERNANDO; ALVAREZ, ANDRES; PALACIO-MEJIA, JUAN; OCHOA, ALBA. Caracterización molecular de accesiones de ñame (*Dioscorea alata* L.) de la región Caribe colombiana. Rev.U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica, v. 15, n. 2, 2012, p. 323-330.

<https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n2.2012.830>

SIMONS. S.A.; GREEN. K.R. Quantitative methods for assessing the severity of anthracnose on yam (*Dioscorea alata*). Tropical Science, v. 34, 1994, p.216-224.

SILVA-DO NASCIMENTO, EDILZA; ANAYA, KATYA; CAJU-DE OLIVEIRA, JULIA-MARIANO; GOMES-DE LACERDA, JOSÉ-THALLES-JOCELINO; MILLER, MICHAEL-EDWAR; DIAS, MERIELLEN; MENDES, MARIA-ANITA; LIMA-PALLONE, JULIANA-DE EZEVEDO; WEIS-ARNS, CLARICE; JULIANO, MARIA-APARECIDA; SANTI-GADELHA, TATIANE; BERTOLDO-PACHECO, MARÍA-TERESA; DE ALMEIDA-GADELHA, CARLOS-ALBERTO. Identification of bioactive peptides released from in vitro gastrointestinal digestion of yam proteins (*dioscorea cayennensis*). Food Research International, v. 143, 2021, 110286.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110286>

SHAO, Y.; KANG, Q.; ZHU, J.; ZHAO, C.; HAO, L.; HUANG, J. Antioxidant properties and digestion behaviors of polysaccharides from chinese yam fermented by *saccharomyces boulardii*. LWT Food Science and Technology, v.154, 2022, 112752.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112752>

WUMBEI, A.; BAWA, J.; AKUDUGU, M; SPANOGHE, P. Absence of Effects of Herbicides Use on Yam Rots: A Case Study in Wulensi, Ghana. Agriculture, v. 9, n. 5, 2019, p 95.

<https://doi.org/10.3390/agriculture9050095>

ZHOU, S.; HUANG, G.; CHEN, G. Extraction structural analysis, derivation and antioxidant activity of polysaccharide from *Chinese yam*. *Food Chemistry*, v. 361, 2021, 130089

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130089>