Lombeida García E, Gómez PandoL, Reyes Borja WO, Triviño Gilces C, Hasang Moran E, Duran Canare PL, Hufana Duran D. Densidad de población de Meloidogyne graminicola en plantaciones comerciales de arroz y comportamiento de líneas avanzadas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Rev. Soc. cient. Parag. 2021;26(1):64-81. https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.1.64 Recibido: 20/03/2021. Aceptado: 25/05/2021.

ARTÍCULO ORIGINAL **ORIGINAL ARTICLE**

Densidad de población de Meloidogyne graminicola en plantaciones comerciales de arroz y comportamiento de líneas avanzadas en la provincia de Los Ríos, Ecuador

Population density of *Meloidogyne graminicola* in commercial rice plantations and behavior of advanced lines in the province of Los Ríos, **Ecuador**

Emma Lombeida García^{1,2*}, Luz Gómez Pando², Walter Oswaldo Reyes Boria¹ Carmen Triviño Gilces¹ Edwin Hasang Moran¹ Perry Lorraine Duran Canare³ D. Danilda Hufana Duran^{1,4} D

¹ Universidad Técnica de Babahovo, Babahovo, Los Ríos, Ecuador, ² Universidad Nacional Agraria. La Molina, Perú. ³ Philippine Rice Research Institute and Central Luzon State University, Science City of Muñoz. Nueva Ecija, Philippines. ⁴ Philippine Carabao Center and Central Luzon State University, Science City of Muñoz. Nueva Ecija, Philippines.

Autor correspondiente: elombeida@utb.edu.ec

Resumen: En este estudio se determinaron las poblaciones de *M*. graminicola en suelo y raíces obtenidas en plantaciones comerciales de arroz en las zonas de Babahovo y Ouevedo del Ecuador. Para estudiar la tolerancia y/o resistencia al nematodo *M. graminicola*, se utilizaron un total de 50 líneas avanzadas F₅ de arroz, de las cuales 35 son derivadas de cruces interespecíficos de Oryza sativa L. ssp. japonica x Oryza rufipogon G. (PUYÓN) y 15 líneas provenientes de cruces intraespecíficos de líneas de Oryza sativa L. ssp. japónica, incluyéndose también una variedad comercial de arroz, la INIAP 15, susceptible al ataque de *M. graminicola*, utilizada como control. La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo en Ecuador. Las evaluaciones de densidades poblacionales de *M. graminicola* conducidas en raíces y suelo, se realizaron en el Laboratorio de Fitopatología de la FACIAG.

En base a los resultados obtenidos, se encontraron diferencias significativas en la respuesta entre las 50 líneas avanzadas F_5 de arroz y la variedad comercial INIAP 15 a *M. graminicola*. En las condiciones evaluadas, las líneas 32 (PUYÓN/JP002 P11 – 10 P74), 5 (PUYÓN/JP002 P8 – 20 P13), 31 (PUYÓN/JP002 P11 – 10 P22) y 2 (PUYÓN/JP002 P8 – 20 P14), presentaron una baja densidad poblacional de *M. graminicola* en 10 g raíces. Por otro lado, las líneas 24 (PUYÓN/JP002-P8-28 P28), 28 (PUYÓN/JP002-P8-32 P33) y 30 (PUYÓN/JP002-P8-28 P28-11), presentaron una baja densidad poblacional de *M. graminicola* en 100 cm³ de suelo. En cuanto al índice de reproducción, el mayor número de veces que se multiplicó el nematodo fue 25 veces en la línea 7 (PUYÓN/JP002 P8 –28 P8-5) y el menor 2 veces en la línea 32 (PUYÓN/JP002 P11 – 10 P22).

Palabras clave: arroz, líneas avanzadas, *Meloidogyne graminicola, Oryza rufipogon*, manejo sustentable.

Abstract: Populations of *Meloidogyne graminicola* in commercial rice plantations in Ecuador and resistance of F5 rice lines derived from interspecific crosses of Oryza sativa L. ssp. japonica x Oryza rufipogon G. (PUYÓN) and from intraspecific crosses from Oryza sativa L. ssp. japonica lines to the *M. graminicola* were determined. Population density evaluations were conducted on roots and soil of rice sampled from 20 commercial plantation areas while resistance research was assessed under controlled nursery conditions. A total of 50 advanced F5 rice lines were inoculated with 2,500 J2 M. graminicola with a commercial variety, INIAP 15, susceptible to the attack of *M. graminicola*. Results showed remarkably high incidence of M. graminicola in 13 out of 20 investigated plantation areas. Response to M. graminicola among the inoculated 50 advanced Lines F5 showed that four (4) Lines 32 (PUYÓN / IP002 P11 - 10 P74), 5 (PUYÓN / JP002 P8 - 20 P13), 31 (PUYÓN / JP002 P11 - 10 P22) and 2 (PUYÓN / JP002 P8 - 20 P14) presented a low population density of M. graminicola / 10 g of roots. Analysis on Reproduction index showed that the least number of times the nematode multiplied was 2 times in Line 32 (PUYÓN / JP002 P11 -10 P22) while more than 2 times in the other lines. In conclusion, F5 line from interspecific crosses of Oryza sativa L. ssp. japonica x Oryza rufipogon G. (PUYÓN) has quantitative nematode resistance with Line 32 (PUYÓN / IP002 P11-10 P74) had the lowest nematode attack, suggesting that this line is promising for crop production in nematode prevalent areas. Studies assessing the production performance of these F5 rice lines in the very high nematode identified areas and measures to control the prevalence of nematodes are recommended.

Keywords: rice, advanced lines, *Meloidogyne graminicola, Oryza rufipogon*, sustainable management.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es considerado una fuente de calorías importante para la alimentación de una tercera parte de la población mundial. En Ecuador, es uno de los principales productos de abastecimiento familiar básico, se infiere que la producción de arroz debería aumentar permanentemente para satisfacer la demanda nacional⁽¹⁾. Para direccionar el cultivo del arroz hacia la tecnificación y uso del producto en la industria agroalimentaria, se deben realizar gestiones para reducir daños y costos por rentabilidad y practicidad. De esta forma se requiere dejar atrás los sistemas tradicionales y tecnificar el manejo del cultivo. Sin embargo, es necesario eliminar ciertas barreras para iniciar un nuevo proceso de transformación^(2,3).

El arroz de la subespecie japónica es una variedad con hojas gruesas de color verde oscuro, macollos resistentes a la oscilación de altura media y se adapta mejor a los climas templados. Esta subespecie tiene una mayor demanda en los mercados japoneses; por lo tanto, hay un aumento del comercio mundial, para satisfacer las necesidades de los distintos mercados y es muy apreciado en la Unión Europea⁽⁴⁾.

En Ecuador, existen factores que limitan los rendimientos y por ende los costos de la producción de arroz, los limitantes más relevantes son la falta de tecnificación de los cultivos, falta de sistemas de riego, uso de la semilla reciclada, uso inadecuado de fertilizantes y principalmente la alta incidencia de plagas entre ellas el nematodo agallador *Meloidogyne graminicola*. En arroz de regadío se han determinado pérdidas de hasta el 72% de la cosecha con poblaciones de hasta 4000 juveniles / planta de *M. graminicola*. En consecuencia, puede existir disminución en el rendimiento de este cultivo, lo que produce impactos económicos y sociales negativos⁽⁶⁾.

Se ha identificado resistencia a *M. graminicola* en el germoplasma de *Oryza* en líneas de especies de arroz africanas *O. glaberrima*, *O. longistaminata* y *O. rufipogon*, así como también, en algunas variedades locales de *Oryza*, que tienen resistencia total o parcial a *M. graminicola*, utilizadas como donantes de resistencia en cruces interespecíficos con arroz asiático⁽⁷⁾. El uso de variedades resistentes es un método de control eficaz contra especies de endoparásitos sedentarios como *Meloidogyne*, que pasa la mayor parte de su ciclo de vida dentro de las raíces⁽⁸⁾. No obstante, en plantas resistentes, los nematodos mueren después de un tiempo de invadir el tejido vegetal y en

plantas con tolerancia, se produce poco daño incluso cuando están infectadas por altos niveles del nematodo⁽⁹⁾.

Existen estudios que demuestran nuevos alelos para incrementar la variabilidad genética del rendimiento en arroz destacando los provenientes de 20 especies silvestres del género *Oryza*⁽⁵⁾. Se realizaron cruces entre *O. rufipogon* y *O. glaberrima* con las especies cultivadas Bg 90-2, *Oryzica 3* y *Caiapó* utilizadas como especies recurrentes y las especies silvestres como donantes en el programa de reproducción interespecífica por retro cruzamiento. Las líneas obtenidas del cruce entre Bg 90-2 y *O. rufipogon* tuvieron un rendimiento superior entre 5 a 25% sobre la variedad comercial que produjo 7.2 t/ha-1. En cuanto a la calidad del grano, ambos padres presentan baja calidad de grano, pero se obtuvieron líneas con segregación transgresora con el grano fino y translúcido⁽⁵⁾.

El Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica de Babahoyo ubicado en la provincia de Los Ríos en Ecuador, lleva a cabo un Programa de Mejoramiento Genético del Arroz, realizando cruces interespecíficos de *Oryza rufipogon G. PUYÓN x Oryza sativa L. ssp. japónica* y cruces intraespecíficos de *Oryza sativa L. ssp.* línea japónica con la finalidad de obtener líneas japónica puras, para ello, el programa selecciono líneas avanzadas con potencial genético y productivo.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta a *Meloidogyne graminicola* de líneas avanzadas F5 derivadas de cruzas interespecíficas, para detectar fuentes de tolerancia y resistencia. Por otro lado, en este estudio también se estudió las poblaciones de *M. graminicola* en muestras de suelo y raíces obtenidas en plantaciones comerciales de arroz en las áreas de Babahoyo y Quevedo para conocer y tener referencia de las tasas poblacionales de nematodos en las áreas arroceras locales.

2. MATERIALES Y METODOS

Ubicación de las áreas experimentales: se tomaron muestras de suelo y raíces de plantaciones comerciales de arroz en las áreas de Babahoyo y Quevedo en la provincia de Los Ríos, Ecuador, por otro lado, el estudio de resistencia de líneas avanzadas de arroz F5 se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) ubicada en el km 7½ de la vía Babahoyo-Montalvo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos⁽¹⁰⁾.

Densidad poblacional de *M. graminicola* en muestras de suelo y raíces: se visitaron 20 localidades en las áreas de Babahoyo y Quevedo, en donde se recolecto 20 muestras de suelo y 20 muestras de raíces obtenidas de cultivos comerciales plantaciones de arroz, se extrajo todo el sistema radicular de las plantas muestreadas de aproximadamente 45 días de edad en función a la aplicación del método de extracción "Liquefied-Sifting" (11). Las raíces de cada planta se cortaron en trozos de 1 cm, se pesaron 10 g y se licuaron durante 20 segundos a baja velocidad. El batido se vació en tres tamices N° 60 (250 μ m), 100 (150 μ m) y 500 (25 μ m) colocados de arriba abajo, los dos primeros tamices se lavaron con una ducha tipo teléfono durante un minuto cada uno. El contenido de nematodos de agua se recogió en los tamices 500, en este contenido se colocó en un vaso de precipitados con ayuda de abeto y se completó hasta 100 mL. Para determinar la presencia de población de nematodos en 100 mL se homogeneizó la solución de nematodos de agua con una pequeña bomba de aire (para pecera) y se extrajo una alícuota de 2 mL, el conteo se llevó a cabo con la ayuda del estereoscopio usando un contador de verificación y por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional de nematodos por planta.

Para obtener la densidad poblacional de M. graminicola en suelo, se recolectaron 200 cm³ de suelo del sitio donde se ubicó la planta, esta tierra se homogeneizó y se colocó en una funda de plástico para cada planta individual. En el laboratorio, cada muestra se colocó en una bandeja de plástico, se volvió a mezclar y se midieron 100 cm³ para la extracción de los nematodos para este caso se utilizó el método de "Incubación" (11). Para ello se prepararon dos placas de aluminio superpuestas, de las cuales la primera fue calada y la segunda como base, en el primero se colocó una fina malla plástica y sobre este una hoja de papel frontal. Se colocó la tierra sobre el papel y se le añadió agua común, dejando la muestra en incubación durante tres días. Después de tres días, se retiró la tierra de la primera placa y se recogió el contenido de nematodos de agua en la segunda placa en un vaso de precipitados de 200 mL, en cada vaso se dejó un volumen de 100 mL, retirando el exceso de agua con el uso de un tamiz No. 500 y para determinar la población de nematodos en los 100 mL, se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente con las raíces.

Nivel de resistencia al nematodo M. graminicola en líneas de arroz F_5 avanzadas en condiciones de vivero: Para esta actividad se utilizaron un total de 50 líneas de arroz F_5 avanzadas de las cuales 35 de ellas derivan de cruces interespecíficos de Oryza rufipogon G. (PUYON) x Oryza sativa L. ssp.

japónica y 15 líneas de cruces intraespecíficos de *Oryza sativa L. ssp.* Japónica (Tabla 1).

Multiplicación de *M. graminicola* y obtención de juveniles de la segunda etapa (J2): Utilizando suelo infestado con *M. graminicola* de una plantación comercial de arroz, se realizó la multiplicación de nematodos a nivel de invernadero. Las semillas de arroz de la variedad INIAP 15 (susceptible a *M. graminicola*) se sembraron en 50 macetas con dos plantas extraídas de semilleros infestados. En plantas de aproximadamente 70 días de edad, se recolectaron las raíces y se extrajeron las masas de huevos de nematodos para exponerlas en el laboratorio para obtener nematodos juveniles de la segunda etapa (J2). Para contar la población existente, se colocó 1 mL de inóculo en placas de Petri en un estereomicroscopio. Se obtuvo una población de 2.500 (J2 o infectiva estados) por medio de un cálculo matemático en un volumen de 3 mL, muestra que se utilizó para la inoculación de cada una de las plantas en estudio.

Tabla 1. Líneas avanzadas de arroz F5 utilizadas en el estudio para determinar la resistencia al nematodo *M. graminicola.*

Tratam iento	Líneas de arroz	Tratam iento	Líneas de arroz	Tratam iento	Líneas de arroz
1	PUYÓN/J P002 P8 – 20 P36	18	PUYÓN/JP002 P8 - 31 P7	35	PUYÓN/JP002 P11 – 10 P23
2	PUYÓN/J P002 P8 - 20 P14	19	PUYÓN/JP002 P8 - 31 P30	36	JP003/JP001 P169 P23-6-GL
3	PUYÓN/J P002 P8 – 20 P22	20	PUYÓN/JP002 P8 - 31 P34	37	JP003/JP001 P169 P17-36-GL
4	PUYÓN/J P002 P8 – 20 P27 PUYÓN/J	21	PUYÓN/JP002 P8 - 28 P35	38	JP003/JP001 P169 P21-2-GL
5	P010N/J P002 P8 - 20 P13	22	PUYÓN/JP002 P8 - 28 P25	39	JP003/JP001 P169 P14-31-GL

6	PUYÓN/J P002 P8 - 29 P32-1	23	PUYÓN/JP002 - 28 P29	P8	40	JP003/JP001 P6-31-GL	P169
7	PUYÓN/J P002 P8 - 29 P8-5 PUYÓN/J	24	PUYÓN/JP002 - 28 P28	P8	41	JP003/JP001 P44-24-GL	P87
8	P002 P8 - 29 P8-16 PUYÓN/J	25	PUYÓN/JP002 - 28 P19	P8	42	JP003/JP001 P41-25-GL	P87
9	P002 P8 - 29 P60-1 PUYÓN/J	26	PUYÓN/JP002 - 32 P36	P8	43	JP003/JP001 P41-11-GL	P87
10	P002 P8 - 29 P49-30 PUYÓN/J	27	PUYÓN/JP002 - 32 P30	P8	44	JP003/JP001 P27-25-GL	P87
11	P002 P8 - 30 P60-25 PUYÓN/J	28	PUYÓN/JP002 - 32 P33	P8	45	JP003/JP001 P17-25-GL	P87
12	P002 P8 - 30 P55-2 PUYÓN/J	29	PUYÓN/JP002 - 32 P32	P8	46	JP003/JP001 P2-2-GL	P175
13	P002 P8 - 30 P84-19 PUYÓN/J	30	PUYÓN/JP002 - 32 P11	P8	47	JP003/JP001 P2-7-GL	P175
14	P002 P8 - 30 P23-12 PUYÓN/J	31	PUYÓN/JP002 P11 - 10 P22		48	JP003/JP001 P2-35-GL	P175
15	P002 P8 - 30 P94-1 PUYÓN/J	32	PUYÓN/JP002 P11 - 10 P74		49	JP003/JP001 P4-6-GL	P175
16	P002 P8 - 31 P18	33	PUYÓN/JP002 P11 - 10 P25		50	JP003/JP001 P5-5-GL	P175
17	PUYÓN/J P002	34	PUYÓN/JP002 P11 – 10 P34		51	INIAP-15 (Co	ntrol)

P8 - 31 P4

Inoculación de líneas avanzadas de arroz F₅: Se preparó una cantidad de suelo agrícola y se solarizó para dejarlo libre de nematodos y otros microorganismos. Se añadió al sustrato una cantidad adecuada de fertilizantes a base de fósforo y potasio. Se tomó aproximadamente 1 kg de tierra y se colocó en macetas y se sembraron cinco semillas cada una. Quince días después, las plantas se aclararon dejando dos plantas por maceta. A los 25 días de edad, cada línea avanzada de arroz F5 fue inoculada con una población de 2.500 J2 de *M. graminicola*. Para la aplicación, se removió una pequeña cantidad de tierra alrededor de las raíces y se depositó lentamente la solución con los juveniles, luego se cubrió las raíces con la misma tierra apartada. Durante 15 días, las plantas se regaron cuidadosamente para evitar perder el inóculo por secado o exceso de humedad del suelo.

Índice de reproducción de M. graminicola en líneas de arroz F_5 avanzadas: El índice de reproducción (IR) de M. graminicola en cada una de las líneas avanzadas de arroz F_5 se determinó dividiendo la densidad poblacional del nematodo obtenida de las raíces recolectadas a los 45 días después de la inoculación. o de la denominada población final (Pf) entre la población inicial (Pi) que fueron los 2500 J2 inoculados (RI = Pf / Pi). Para calcular el índice de reproducción y el tipo de hospedante se utilizó la escala determinada por el CIP (1985) (Tabla 2).

Tabla 2. Escala para calificar el índice de reproducción de *M. graminicola* y determinar el tipo de hospedante

Grado	Indice de reproducción RI = Pf/Pi	Tipo de anfitrión
0	0	No hospedero
1	0,1 a 0,4	Hospedero deficiente
2	0,41 a 1	Hospedero
3	1,1 a 2	Hospedero eficiente
4	< 2	Hospedero muy eficiente

Fuente: CIP (1985)

Incidencia y severidad de *M. graminicola* **en líneas avanzadas F**₅ **de arroz:** En la Tabla 3, se presenta la escala descrita por Ramos en 1998 (12), para calificar la incidencia y severidad de *M. graminicola*, para determinar el grado y calificar en función del número de nematodos / cm³ de suelo y

nematodos / 10 g de raíces, La calificación de la incidencia del nematodo en plantas de las líneas avanzadas fue: Libre, Baja, Moderada, Alta y Muy alta.

Tabla 3. Escala para calificar la incidencia y severidad de M. graminicola en líneas avanzadas F_5 de arroz en condiciones de vivero.

Grado	Nematodos/100 cm ³ de suelo	Nematodos/10 g de raíces	Calificación
0	0	0	Libre
1	1 - 40	1 a 300	Baja
2	41 - 120	301 a 1000	Moderada
3	121 - 150	1001 a 3000	Alta
4	> 150	> 3000	Muy alta

Ramos *et al.*(12).

Diseño experimental y análisis estadístico de los materiales evaluados bajo invernadero

En este experimento se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco repeticiones y 51 tratamientos (50 líneas avanzadas y 1 variedad comercial). Las diferentes variables que se estudiaron fueron sometidas al Análisis de Varianza (ANOVA) para la determinación de la significancia estadística y a la prueba de Tukey 5 % para diferenciar o comparar los valores de las variables estudiadas. Para realizar el análisis de la varianza se transformaron los valores reales a log de x.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Densidad poblacional de *M. graminicola* en muestras de suelo y de raíces, obtenidas en plantaciones comerciales de arroz en las zonas de Babahoyo y Quevedo, provincia de Los Ríos

Las poblaciones de *M. graminicola* observadas en 100 cm³ de suelo, en los 20 sitios de muestreo, se presentan en la tabla 4. Todas las muestras de suelo colectadas en las plantaciones de arroz procedentes de las zonas de Babahoyo y Quevedo presentaron poblaciones de *M. graminicola*. En el cantón Quevedo, las poblaciones de nematodos variaron de 50 a 700/100 cm³ de suelo, con excepción del recinto Guayacán, donde se encontraron

1600 J2, calificada como una población muy alta. En la zona de Babahoyo, en la mayor parte de las áreas muestreadas, se encontró un rango de 50 a 300 J2/100 cm³ de suelo y en una de las muestras del sector CEDEGE, se registró una población de 600 J2, calificándose como muy alta.

Tabla 4. Densidad poblacional de *M. graminicola* en 100 cm³ de suelo, procedentes de plantaciones comerciales de arroz de los cantones Babahoyo y Ouevedo.

Código	Recinto	Propietario	Zonas	<i>M. graminicola</i> /100 cm ³ suelo	Rangos
P1	Chipe	Andrés	Quevedo	150	Muy
	Minuope	Murillo			alto
P2	Chipe	Johnny Moran	Quevedo	200	Muy
	Minuope				alto
P3	La Cadena	Alfredo Vera	Quevedo	50	Modera
					do
P4	Fruta de Pan	Olmedo Chan	Quevedo	150	Muy
					alto
P5	Lechugal	Wilson Ochoa	Quevedo	700	Muy
					alto
P6	San	Ricardo	Quevedo	200	Muy
	Francisco	Montero			alto
P7	El Guayacán	Efrain	Quevedo	1600	Muy
		Villarreal			alto
P8	Bombón	Paola Albán	Quevedo	150	Muy
					alto
P9	Pichilingue	Jaime López	Quevedo	300	Muy
					alto
P10	INIAP	INIAP	Quevedo	250	Muy
	Pichilingue				alto
P11	San Pablo	Nixon	Babahoyo	100	Modera
		González			do
P12	Palmar	Euterio Quiroz	Babahoyo	100	Modera
			(CEDEGE)		do
P13	Cedral 2	Rafael Bolívar	Babahoyo	600	Muy
			(CEDEGE)		alto
P14	La Legua	Efrén Germán	Babahoyo	50	Modera
					do
P15	La Legua	Luis Campo	Babahoyo	50	Modera
					do
P16	Pimocha	Alejandro	Babahoyo	250	Muy
		Campo			alto
P17	Pimocha	Ramón Morán	Babahoyo	150	Muy
					alto

Rev. Soc. cient. Parag. 2021;26(1):64-81

P18	Mata de	Juan	Babahoyo	300	Muy
	Cacao	Contreras			alto
P19	Cacharí	Miguel	Babahoyo	50	Modera
		Zambrano			do
P20	Cacharí	Wilson Loor	Babahoyo	50	Modera
					do

En la Tabla 5, se presentan los resultados de las poblaciones de *M. graminicola* que se obtuvieron en 10 g de raíces, en los 20 sitios de muestreo. De acuerdo con la información obtenida en el muestreo de raíces realizado en el cantón Quevedo, recinto Pichilingue, se observa una población con un valor de 70000 J2, clasificada de acuerdo con la escala como muy alta; mientras que en el cantón Babahoyo, en el sector CEDEGE se obtuvo la mayor población de *M. graminicola*, con 28000 J2, también calificada como muy alta.

Según estudios realizados por Bridge y Page en 1982 ⁽¹³⁾, 4000 individuos de *M. graminicola* por planta, pueden causar pérdidas en la producción de arroz y tiene que ver mucho con la etapa de desarrollo de la planta. Después del trasplante, 1000 J2/planta pueden reducir la altura, número de macollos y la producción hasta en un 6 por ciento. Resultados previos han evidenciado la elevada presencia de *M. graminicola*, en zonas arroceras de Ecuador.

Los resultados del presente estudio muestran que existen altas poblaciones de *M. graminicola* en suelo y raíces en las diferentes provincias arroceras del Ecuador, encontrándose las poblaciones más altas en los cantones de Babahoyo, Quevedo y Valencia, pertenecientes a la provincia de Los Ríos (11). Una de las probables causas de la elevada ocurrencia del nematodo en los campos comerciales, es el monocultivo de arroz con cultivares susceptibles a lo largo de muchos años, lo que ha contribuido significativamente al rápido crecimiento poblacional de este nematodo en el suelo. Existen aparentemente dificultades para hacer rotación de cultivos con plantas no hospederas. Otra causa probablemente se relaciona con el desconocimiento y la falta de diagnóstico del problema, por técnicos y productores, debido a que los daños causados por *M. graminicola*, pueden ser confundidos con otros síntomas, tales como: deficiencias nutricionales, ataque de otros patógenos del suelo, fitotoxicidad causada por los herbicidas o por daños indirectos como el exceso de hierro en el suelo.

Tabla 5. Densidad poblacional de *M. graminicola* determinada en 10 gramos de raíces de arroz, procedentes de plantaciones comerciales de los cantones Babahoyo y Quevedo.

Código	Recinto	Propietario	Zona	<i>M.</i> graminicola /10g de raíces	Rangos
P1	Chipe Minuope	Andrés Murillo	Quevedo	11500	Muy alto
P2	Chipe Minuope	Johnny Moran	Quevedo	3000	Muy alto
P3	La Cadena	Alfredo Vera	Quevedo	10500	Muy alto
P4	Fruta de Pan	Olmedo Chan	Quevedo	7500	Muy alto
P5	Lechugal	Wilson Ochoa	Quevedo	17500	Muy alto
P6	San Francisco	Ricardo Montero	Quevedo	6000	Muy alto
P7	El Guayacán	Efraín Villarreal	Quevedo	17000	Muy alto
P8	Bombón	Paola Albán	Quevedo	50000	Muy alto
P9	Pichilingue	Jaime López	Quevedo	70000	Muy alto
P10	INIAP Pichilingue	INIAP	Quevedo	6000	Muy alto
P11	San Pablo	Nixon González	Babahoyo	3500	Muy alto
P12	Palmar	Euterio Quiroz	Babahoyo (CEDEGE)	28000	Muy alto
P13	Cedral 2	Rafael Bolívar	Babahoyo (CEDEGE)	28000	Muy alto
P14	La Legua	Efrén Germán	Babahoyo	3000	Muy alto
P15	La Legua	Luis Campo	Babahoyo	3500	Muy alto
P16	Pimocha	Alejandro Campo	Babahoyo	9000	Muy alto
P17	Pimocha	Ramón Morán	Babahoyo	2000	Muy alto
P18	Mata de Cacao	Juan Contreras	Babahoyo	9000	Muy alto
P19	Cacharí	Miguel Zambrano	Babahoyo	4500	Muy alto
P20	Cacharí	Wilson Loor	Babahoyo	4500	Muy alto

Comportamiento de líneas avanzadas de arroz a *M. graminicola* provenientes de raíces y suelos

Densidad poblacional de M. graminicola en raíces, en líneas avanzadas F_5 de arroz.

El análisis de varianza de la densidad poblacional M. graminicola en raíces, muestra que existe alta significancia estadística entre los tratamientos; es decir, una respuesta diferente entre las líneas avanzadas F_5 evaluadas. En la Figura1, se muestran los resultados y se aprecia que el rango varió de 5530 a 63210 J2 /10g de raíces; correspondiendo el menor valor a la línea 32 (PUYÓN/JP002 P11–10 P74) y el mayor valor a la línea 7 (PUYÓN/JP002 P8–29 P8-5). El experimento tuvo un valor promedio de 22888 J2 /10 g de raíces y el testigo comercial INIAP 15 (susceptible), tuvo un valor promedio de 17190 J2 /10 g de raíces.

Sin embargo, las líneas 32 (PUYÓN/JP002 P11–10 P74); 5 (PUYÓN/JP002 P8–20 P13); 31 (PUYÓN/JP002 P11–10 P22) y 2 (PUYÓN/JP002 P8–20 P14), presentaron los valores promedio poblacionales más bajos en el orden descrito a continuación 5530, 7130, 7590 y 8080 J2 /10 g de raíces. En contraste, las más susceptibles a *M. graminicola* fueron las líneas 7 (PUYÓN/JP002 P8–29 P8-5); 8 (PUYÓN/JP002 P8–29 P8-16); 12 (PUYÓN/JP002 P8–30 P55-2) y 10 (PUYÓN/JP002 P8–29 P49-30), con los promedios de 63210, 50060, 43750 y 43310 J2 /10 g de raíces; respectivamente.

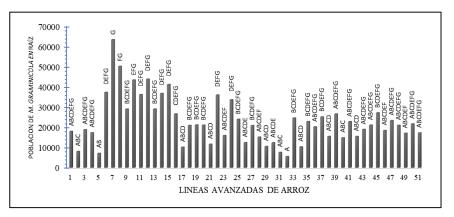


Figura 1. Densidad poblacional de *M. graminicola* (J2 /10 g de raíces), en líneas avanzadas F_5 de arroz.

Densidad poblacional de M. graminicola en suelo en líneas avanzadas F_5 de arroz.

El resultado del analisis de la varianza de esta variable, muestra alta significancia estadistica entre los tratamientos. El rango observado varió de 27 a 2960 J2 en 100 cm³ de suelo (Figura 2). El valor más bajo corresponde a la línea 24 (PUYÓN/JP002 P8-28 P28) y el más alto a la línea 36 (JP003/JP001 P169 P23-6-GL).

Se identificaron las líneas que presentaron los menores valores, tales como las líneas 24, 28 y 30, con promedios de 27, 29 y 31 J2 en 100 cm3 de suelo respectivamente. Esto contrasta con las líneas que obtuvieron los valores más altas, siendo las líneas 36, con valores promedios de 2960 y 2510 en 100 cm³ de suelo respectivamente. Las líneas derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. (PUYÓN) x *Oryza sativa* L. ssp. *japónica*, mostraron menores valores en general.

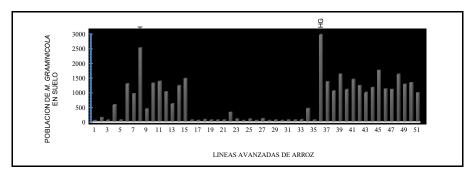


Figura 2. Densidad poblacional de *M. graminicola* (J2 /100 cm 3 de suelo), en líneas avanzadas F_5 de arroz.

Índice de reproducción de M. graminicola en líneas avanzadas F_5 de arroz.

En lo que concierne al índice de reproducción de *M. graminicola*, el rango varió de 2 a 25 veces. La línea en la que se observe un menor índice de reproducción fue la línea 32 (PUYÓN/JP002 P11–10 P74), considerada como un hospedero eficiente, estando en el rango de 1.1 a 2, de acuerdo con la escala determinada por CIP (1985). Todas las demás líneas según la escala mencionada se calificaron como hospederos muy eficientes. De igual

modo, se detectaron líneas en las cuales se encontraron mayores índices de reproducción del nematodo, tales como las líneas 7 (PUYÓN/JP002 P8 –29 P8-5), 8 (PUYÓN/JP002 P8–29 P8-16), 12 (PUYÓN/JP002 P8–30 P55-2) y 10 (PUYÓN/JP002 P8 –29 P49-30) que presentaron valores de reproducción de 25, 20, 18 y 17 veces , respectivamente; en la variedad INIAP 15 (susceptible a *M. graminicola*), se observó un índice de reproducción del nematodo igual a 7.

Algunas de las líneas derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. (PUYÓN) x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*, se encontró menores valores de índices de reproducción del nematodo, comparados con el valor de reproducción en la variedad comercial INIAP 15. Igualmente, los valores obtenidos en las líneas derivadas de cruces intraespecíficos de *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*, se mantienen en índices de reproducción mayores a 2; sin embargo, aunque sean menores, siguen siendo hospederos eficientes. Lo cual indican que el índice de reproducción del nematodo se usa para identificar la resistencia en el material genético. Esto relaciona la población final con la inicial y refleja el nivel de incremento del nematodo, considerándose a una planta resistente cuando el valor del índice es menor a 1, y susceptible cuando el índice es mayor este valor.

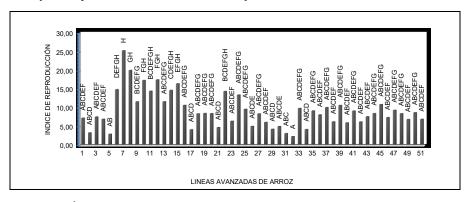


Figura 3. Índice de reproducción de *M. graminicola* en líneas avanzadas F₅ de arroz.

Los genotipos estudiados fueron susceptibles a *M. graminicola* según la escala valorada por Ramos; sin embargo, se observó la línea 32 (PUYÓN/JP002 P11–10 P74) que proviene de cruces interespecíficos con la menor cantidad de nematodos en 10 g de raíces comparado con el testigo comercial INIAP-15 ⁽¹²⁾. Probablemente este material genético tiene

resistencia cuantitativa, asociada con la capacidad de reducir la población del nematodo, pero con síntomas de susceptibilidad.

Uno de los síntomas visibles que mostraron las líneas infestadas con *M. graminicola* fue el amarillamiento de hojas a los 35 días después de la inoculación. Esto puede estar relacionado a que la infección o daño causado por los nematodos en las raíces de las plantas de arroz, interfiere de manera directa en el flujo de absorción y transporte de agua y nutrientes en la planta, originando síntomas en la parte foliar tales como raquitismo, clorosis y pérdida de vigor⁽¹⁶⁾.

En esta investigación, la alta incidencia de *M. graminicola* en las raíces de las plantas de algunas líneas avanzadas F₅ de arroz, corrobora lo expresado por Reyes, que menciona que los hospederos favoritos de los nematodos son las gramíneas especialmente el arroz⁽¹⁷⁾.

Determinada la densidad poblacional de *M. graminicola* en 100 cm³ de suelo, es importante destacar que, las líneas avanzadas F5 derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. (PUYÓN) x *Oryza sativa* L. ssp. *japónica*, mostraron menores valores en general, comparados con los valores obtenidos en las líneas provenientes de cruces intraespecíficos de *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*, observado a través de la aplicación de la escala de severidad y incidencia de Ramos, para calificar la respuesta a *Meloidogyne* en arroz (12).

4. CONCLUSIONES

La línea 32 (PUYÓN/JP002 P11-10 P74) presentó la menor cantidad de nematodos en 10 g de raíces comparado con el testigo comercial INIAP-15. La línea con menor índice de reproducción fue la línea 32 (PUYÓN/JP002 P11-10 P74), considerada como un hospedero eficiente. Las líneas restantes obtuvieron valores mayores a 2, definiéndose como hospederos muy eficientes.

Las líneas que obtuvieron las menores densidades poblacionales de *M. graminicola* en raíces, deben ser evaluadas por su potencial de rendimiento y determinar el nivel de daño por el nematodo comparadolas con variedades susceptibles.

REFERENCIAS

- 1. Golden A, Birchfield W. Rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* as a new pest of Rice. Pl Dis Reptr.1968;52:423.
- 2. Velásquez V. Economic, social and political analysis of the agri-food chain of rice in Ecuador, period 2005-2014. Dissertation prior to obtaining the title of Economist. Catholic University of Ecuador. Faculty of Economics, Quito-Ecuador. 2016:143.
- 3. Díaz D, Chaparro A. Methods and agricultural uses of genetic engineering applied to rice. Rev. Colomb. Biotecnol. 2012;14(2):179-195.
- 4. Franquet J. Varieties and rice improvement. In: Universitat Internacional de Catalunya. 2004. 157:199. (in Spanish)
- 5. Acevedo M, Castrillo W, Belmonte U. Origin, evolution, and diversity of rice. Agronomía Trop. 2006;56(2):151-170.
- 6. Bridge J, Star J. Plant nematodes of agriculture importance: A color Handbook Migratory Endoparasite. Londres. Academic Press. 2007;57-59.
- 7. Soriano I, Prot J, Matias D. Expression of tolerance for Meloidogyne graminicola in rice cultivars as affected by soil type and flooding. Journal of Nematology.2000; 32(3):309 317.
- 8. Talavera M. Manual de Nematologia Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. 2003;23. Available in: http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI456 9&id=4569
- 9. Institute of Agricultural and Fisheries Research and Training. (SERVIFAPA). Integrated Management of Phytoparasite Nematodes in Horticultural Crops. Editors: Board of Santa Lucia. Spain. 2014, 120 p.
- 10. INAMHI. National Institute of Meteorology and Hydrology. Agrometeorology Station of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; 2019.

- 11. Triviño C, Navia D, Velasco L. Guide to recognizing root damage and methods of sampling and extraction of nematodes in roots and soil. Yaguachi, Ecuador. Autonomous National Agricultural Research Institute. Litoral Sur Experimental Station "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Disclosure Bulletin. 2013:43:3-17.
- 12. Ramos J, Franco J, Ortuño N, Oros R, Main G. Incidence and Severity of Nacobbus aberrans and Globodera spp. in the cultivation of potatoes in Bolivia: losses in the gross value of its production. Cochabamba, Ibta/Proimpa. 1998;201.
- 13. Bridge J, Page S. The rice root-knot nematode, Meloidogyne graminicola, on deep water rice (Oryza sativa L. ssp. indica). Revue de Nématologie. 1982;5:225–232
- 14. Padgham J, Duxbury J, Mazid A, Abawi G, Hossain H. Yield los caused by *Meloidogyne graminicola* on low-land rainfed rice in Bangladesh. J Nematol. 2004;36:42-48.
- 15. Triviño C, Navia F, Velasco L. Plant Parasitic Nematodes Associated with rice in Ecuador. Nematropica. 2016;46(1):45-53
- 16. Hettwer K, Jähne M, Frost K, Giersberg M, Kunze G, Trimborn M, Reif J Türk M Gehrmann L, Dardenne F. Validation of Arxula Yeast Estrogen Screen assay for detection of estrogenic activity in water samples: results of an international interlaboratory study. Sci. Total Environ. 2018;621:612-625.
- 17. Reyes I. Determination of the susceptibility of forty rice materials (Oryza sativa L.) to Meloidogyne graminicola. Agricultural Engineer thesis. Technical University of Babahoyo. Ecuador. Faculty of Agricultural Sciences. 2013:21.