Movilidad y hábitos alimentarios de grupos de cerdos domésticos semiconfinados en una localidad rural endémica de cisticercosis

MAURICIO MARTÍNEZ PÉREZ[1], NELLY VILLALOBOS[2], JULIO MORALES SOTO[3], MARCOS ROSETTI[3], EDDA SCIUTTO[3], JOSÉ JUAN MARTÍNEZ MAYA[3]

[1] *Departamento de Medicina Preventiva. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.*

[2] *Departamento de Patología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.*

[3] *Departamento de Inmunología. Instituto de Investigaciones Biomédicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. Ciudad de México.*

FUENTE: *Martínez M, Villalobos N, Morales J, Rosetti M, Sciutto E, Martínez JJ. Mobility and feeding habits of semi-confined domestic pig groups in a rural locality endemic to cysticercosis. Veterinaria México OA, (8) 2021. Doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2021.714.*

RESUMEN

Los cerdos domésticos en semilibertad corren el mayor riesgo de contraer cisticercosis en las zonas rurales endémicas, no solo de México, sino también en otros países desarrollados, aunque se sabe que las respuestas fisiológicas y de comportamiento a la infección varían ampliamente entre los cerdos. Aquellos animales criados en semilibertad mostraron un comportamiento grupal que nos permitía seguir al rebaño para evaluar los riesgos de contacto con el parásito *Taenia solium (T solium)*. El objetivo de este estudio es determinar el movimiento y hábitos de alimentación de grupos de cerdos criados en condiciones de semiconfinado, utilizando procedimientos mínimamente invasivos, aplicando análisis de trayectoria a diferentes rebaños en entornos rurales. Se caracterizaron poblaciones y subpoblaciones porcinas y se evaluó su movimiento en dos estaciones del año, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS). Nuestros resultados indican que los grupos de cerdos se forman sobre la base de la propiedad humana y el establecimiento de vínculos familiares entre sí. Cada grupo interactúa con otros grupos en sitios específicos de la población. Se encontraron diferencias significativas en el tiempo y la distancia recorrida por los cerdos en las estaciones seca y lluviosa ($P < 0.05$), y se encontró que la distancia recorrida por los diferentes grupos de animales se produce en espacios repetitivos y bien definidos que incluyen el movimiento a través rellenos sanitarios y sitios de defecación al aire libre. Debido a esta estabilidad, las trayectorias recorridas por los cerdos podrían ser útiles como indicadores de factores de riesgo vinculados a la exposición de los cerdos a *Taenia solium.*

Palabras clave: *epidemiología, trayectorias, sistema de posicionamiento global (GPS).*

INTRODUCCIÓN

El cerdo es la segunda carne más producida y consumida en México, siendo la producción técnica intensiva la que tiene la mayor participación de mercado (FIRA, 2017). El consumo y la producción de carne de cerdo han aumentado en los últimos años después de la introducción de nuevos métodos de mejoramiento genético, el diseño de instalaciones modernas y la aplicación de programas sanitarios para mejorar la salud del ganado porcino (Guy et al., 2012; Vitali et al., 2018). Como resultado de estos esfuerzos, la producción nacional cubre el 80% de la demanda de carne de cerdo en México (FIRA, 2017). Sin embargo, en el país persiste la ganadería porcina rústica, muy diferente a la de producción industrial. Miles de pequeños productores que viven en condiciones de marginación media o alta crían cerdos y producen carne de cerdo con una mínima inversión. Si bien estas actividades no dan como resultado una producción económicamente viable, los alimentos que producen contribuyen a la dieta de miles de familias mexicanas (Martínez-Castañeda et al., 2003; Linares-Ibáñez et al., 2011).

La estructura poblacional en las granjas porcinas está definida por el sistema productivo, con grupos de animales formados por sexo y edad con una perspectiva zootécnica; por lo tanto, los cerdos no pueden expresar su comportamiento gregario que exhibirían cuando deambulan libremente (Marotta et al., 1999).

Por el contrario, los cerdos criados de forma rústica se alojan en un corral, generalmente una estructura de piso de tierra techada; otras áreas menos delimitadas, con o

sin paredes, a veces se utilizan como pocilgas. El pienso para cerdos puede consistir en cereales y desperdicios de comida, pero los cerdos criados de manera rústica obtienen la mayor parte de su dieta buscando alimento al aire libre o por los alrededores de la explotación (Linares-Ibáñez et al., 2011; Thomas et al., 2013; Palma et al., 2017).

Si bien sería deseable potenciar el impacto económico de este método de producción, los cerdos cumplen importantes funciones sanitarias en las localidades rurales al eliminar desechos orgánicos, heces de otros animales e incluso heces humanas de hogares que carecen de baños adecuados (Linares-Ibáñez et al. , 2011; Martínez et al., 1997; Copado et al., 2004). Si bien esto último es inapropiado, es una realidad en muchas localidades rurales en México donde los servicios sanitarios son deficientes o inexistentes (Aluja y Villalobos, 2000). Esto es relevante debido al riesgo de que los cerdos se encuentren con patógenos como Taenia solium. La etapa adulta de este parásito vive en el intestino delgado de un huésped humano, que todos los días excreta en las heces y al medio ambiente una o dos proglótides con miles de huevos. Cuando los consume un cerdo, estos huevos se convierten en un metacestodo o cisticerco. El ciclo se completa cuando los seres humanos ingieren carne poco cocida e infectada con metacestodos (Aluja y Villalobos, 2000). Para evaluar el comportamiento de los cerdos criados en semiconfinamiento y su vínculo con la cisticercosis, Copado et al., 2004 realizó un estudio sobre hábitos y actividades porcinas. Los autores encontraron que los cerdos forman grupos que incluyen individuos de varias edades y ambos sexos y establecen una jerarquía. Por lo general, una hembra adulta desempeña el papel de líder de la manada y tiene la máxima prioridad cuando se alimenta. Los cerdos prefieren alimentarse en las horas más frescas del día (mañana y tarde), mientras descansan en las horas más cálidas (mediodía). En el estudio, los autores estimaron que los cerdos viajan hasta un kilómetro al día en la estación seca y hasta tres kilómetros en la temporada de lluvias. En cuanto a sus trayectorias, los autores solo mencionaron que los cerdos suelen caminar en línea recta, cambiando de dirección debido a las condiciones del terreno (presencia de barrancos, casas o muros) o para visitar un sitio preferido *(Copado et al., 2004).*

Una descripción detallada de los movimientos de los cerdos da como resultado una trayectoria, que puede definirse como el registro espacial del desplazamiento de un cuerpo en el tiempo (Turchin, 1998). El estudio de trayectorias podría ser de interés para detectar hábitos de población y sitios donde la transmisión de enfermedades sería más probable, particularmente cuando las enfermedades muestran un patrón espacio-temporal claro (Thomas et al., 2013). Este trabajo tiene como objetivo estudiar y describir trayectorias de cerdos criados en semiconfinamiento en una localidad rural de Guerrero, México, para evaluar su impacto en un posible contacto con el parásito. Los resultados de este estudio apoyan el interés del análisis de trayectoria para predecir el contacto con patógenos y una posible infección. ›

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La vereda San Martín Pachivia se ubica en el municipio de Ixcateopan, Guerrero, con lluvias de junio a octubre, estación seca de diciembre a mayo y cerca de 1.100 habitantes. La temperatura varía a lo largo del año, con máximas y mínimas de 32° C y 13° C en abril, y 27° C y 7° C en diciembre *(Weather, 2021)*.

Ubicación de los cerdos

Se aplicó un cuestionario a los responsables de corral para realizar un censo de la población porcina local en las estaciones seca (abril) y lluviosa (septiembre); se determinó el número de cerdos por corral junto con la edad, el sexo y el peso de cada animal. Los sitios donde se crían los cerdos fueron georreferenciados a través del sistema de posicionamiento global (GPS).

En el interior, los cerdos generalmente se mantienen confinados a partir de las 6:00 p.m. hasta las 6:00 am del día siguiente, ya sea en corrales o detrás de la cerca de la propiedad, que generalmente se construye con piedras superpuestas o madera, de aproximadamente un metro de altura. Durante el día, deambulan libremente y, en su salida y llegada a los corrales, reciben maíz y desperdicios de comida (escamocha). Solo los cerdos de raza pura permanecen encerrados en las instalaciones propias durante todo el tiempo.

Anticuerpos anticisticercales

Cuando los dueños de los cerdos lo permitieron, se obtuvieron 10 ml de sangre de cada animal (141 cerdos en la época seca y 116 cerdos en la época de lluvias) para diagnosticar la cisticercosis porcina mediante un protocolo ELISA con líquido quístico de T. solium como fuente de antígeno, siguiendo el procedimiento descrito previamente *(Morales et al., 2018)*, con modificaciones menores. La prueba mostró una sensibilidad del 77,3% y una especificidad del 88,6%. Se ha detectado una reacción cruzada con Echinococcus granulosus, este parásito no ha sido diagnosticado en cerdos locales *(Morales et al., 2018)*.

Estudio de trayectorias

En este estudio se incluyeron tres grupos de cerdos, compuestos por 9, 12 y 14 animales y cuyos dueños aceptaron participar. Se siguió a cada grupo durante dos días (9 h cada día) antes de que comenzara el estudio, para permitir que los animales se familiarizaran con el observador. Luego, las trayectorias de cada grupo fueron registradas por la persona que los acompañó utilizando un GPS 60 marca *Garmin*®, con un margen de error de ±3 m, durante tres días, con lecturas continuas durante nueve horas cada día por grupo. Se cuantificaron descriptores generales como la distancia y el tiempo recorrido cada día *(Turchin, 1998)*. Estos indicadores se utilizaron para describir las trayectorias cubiertas por cada grupo y para comparar el desempeño de los mismos grupos durante las estaciones lluviosa y seca. Se registraron tres tipos de comportamiento: desplazamiento, alimentación y reposo.

Análisis estadístico

Con la información recopilada se calcularon parámetros estadísticos descriptivos y se compararon los datos de la época seca con los de la época de lluvias. La normalidad de los datos se determinó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov *(Wayne, 2002)* y se utilizó un modelo paramétrico o no paramétrico para comparar grupos, según fuera apropiado. Las trayectorias de los cerdos se determinaron utilizando mapas construidos a partir de registros GPS y los radios de movimiento hipotético se estimaron mediante la creación de amortiguadores de diámetro con respecto a los datos registrados para los grupos en estudio, utilizando el software *Qgis v.3.2.* y *Google Earth*.

RESULTADOS

Población porcina

La localidad tenía un total de 216 animales (que fueron registrados en el censo), en 33 corrales (13,04%) con un promedio de 6,5 cerdos por corral. Se determinó una relación humano-cerdo de 5,09:1. En general, la edad y el peso del cerdo se correlacionaron positivamente hasta que los animales cumplieron 12 meses (<0,01). Los valores de peso corporal de los cerdos en las ubicaciones

	Número y sexo*		Edad** (Meses)	Horas de actividad					
				Alimentación		Descanso		Desplazamiento	
Grupo	Seca	Lluviosa		Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa
1	9 (6F, 3M)	7 (5F, 2M)	8,6	2,1	4,16	4,66	2,58	1,83	4,33
2	12 (9F, 3M)	10 (8F, 2M)	8,3	2	3,5	5,41	3,75	2	3,91
3	14 (10F, 4M)	15 (10F, 5M)	10	2,75	1,91	5,75	4	2,58	3,33
Promedio				2,283	3,19	5,273	2,44	2,137	3,86

*F= Hembra; M= Macho
** Promedio por grupo

TABLA 1 Composición de los tres grupos objeto de estudio y actividades registradas por época del año. San Martín Pachivia, Guerrero, México.

fueron mucho más bajos que los esperado en una granja a gran escala, debido a las condiciones de reproducción y alimentación. En los lugares de estudio, se estimó una ganancia de peso mensual promedio de 2,77 kg.
Los animales no fueron vacunados ni desparasitados. Todos los cerdos que vivían en una granja eran considerados como un grupo. Se seleccionaron tres grupos de cerdos para el análisis de trayectoria de entre las 33 explotaciones donde se criaban cerdos en semiconfinamiento, y que se les permitía vagar libremente para buscar comida.

Cuantificación de anticuerpos en época de lluvias y sequía
Se encontraron tasas de seropositividad variable en la comunidad en diferentes épocas del año. En la estación seca, se encontraron 32 (22,7%) animales positivos de un total de 141 cerdos, mientras que se encontró una frecuencia significativamente mayor de 40 (34,5%) animales positivos en 116 cerdos evaluados en la temporada de lluvias (P = 0,36) . Por otro lado, no se encontraron diferencias en las tasas de positividad en los tres grupos evaluados, ni entre temporadas ni entre grupos (P> 0.05). Sin embargo, la positividad fue ligeramente más alta en el grupo 1. Esto indica que, en su itinerancia diaria, los tres grupos encontraron áreas donde podrían infectarse potencialmente, incluidos sitios donde se encontraban heces humanas.

Análisis de trayectoria

Los tres grupos tuvieron un recuento de animales por encima del valor medio de la comunidad: 6,5. La edad media en cada grupo fue de 8,6, 8,3 y 10 meses, respectivamente, con un rango de 2 a 24 meses *(Tabla 1)*. Con respecto al tiempo dedicado a diversas actividades a lo largo del día, el tiempo de descanso fue mayor en la época seca, con 5,27 ± 0,67 h vs. 3,44 ± 0,78 h en la época de lluvias (P<0,01). El tiempo de desplazamiento fue mayor en la temporada de lluvias, con un promedio de 3.86 ± 1.06 h vs. 2.13 ± 0.435 h en la estación seca (P<0.01). El tiempo de alimentación fue mayor en la época de lluvias, con 3,19 ± 1,48 h vs. 2,28 ± 0,403 h en la época seca, aunque la diferencia no fue significativa (P= 0,09) *(Tabla 1)*. Es de destacar que, en todos los casos, los cerdos fueron atraídos tanto por materia fecal bovina como humana, aguas residuales y basura, durante su desplazamiento.

Cabe señalar que los cerdos se mueven por áreas que facilitan la alimentación, particularmente sitios en donde se detectó defecación al aire libre, con tiempos de permanencia promedio de 23 ± 10.9 y 35 ± 15.2 minutos en la época seca y lluviosa, respectivamente, y donde pueden descansar. La *Figura 1* muestra las rutas de desplazamiento y las áreas donde los cerdos del Grupo 1 pueden consumir heces humanas.

FIGURA 1 Trayectoria de un grupo de cerdos en lugares donde pueden descansar y consumir materia fecal. San Martín Pachivia, Guerrero, México.

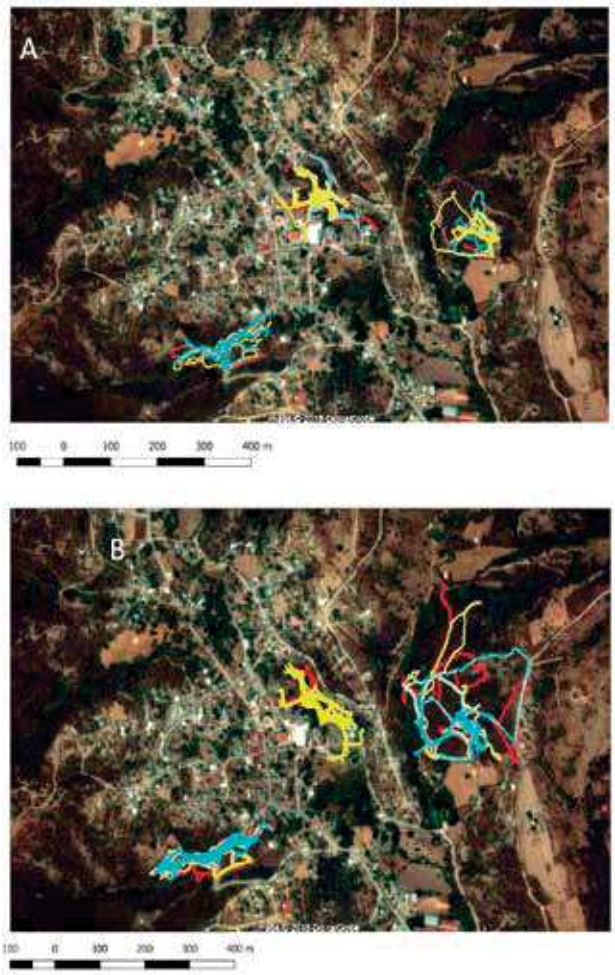


FIGURA 2 Trayectorias de los tres grupos de cerdos en dos épocas del año. San Martín Pachivia, Guerrero, México. A) Estación seca. B) Temporada de lluvias. Cada color representa el desplazamiento de los cerdos en un día diferente.

Los animales recorrieron una distancia media diaria de 1.266 m en 6,59 h en la época seca y de 2.416,66 m en 7,45 h en la época de lluvias (P <0,05). Los grupos se alejaron 250-300 m del hogar y no se observó contacto entre los tres grupos en estudio *(Figura 2)*.

Al considerar un radio de desplazamiento de 200-300 m para todos los grupos de la población, centrados en los hogares donde se crían, se puede suponer la ocurrencia de un contacto directo o indirecto entre todos los cerdos en el lugar *(Figura 3)*.

DISCUSIÓN

Este estudio muestra que cuando a los cerdos se les permite deambular en busca de comida, referencialmente busquen vertederos, alcantarillados y sitios de defecación al aire libre. La cría de cerdos en semiconfinamiento tiene profundas raíces culturales y económicas en América desde la época colonial porque permite engordar animales con poco presupuesto al dejarlos vagar libremente, con el fin de que puedan procurarse su propio mantenimiento *(Del Rio, 1996)*. Desafortunadamente, esto a menudo trae como consecuencia la inclusión de materia fecal humana en la dieta de estos animales, ya sea porque no se dispone de servicios de saneamiento adecuados o porque la defecación al aire libre ocurre durante las actividades de producción agrícola. En cualquier caso, esto favorece el ciclo de vida de parásitos como *T. solium*.

Con respecto a las trayectorias determinadas para los grupos porcinos en estudio, el desplazamiento medio de 1266 m en la época seca y 2416 m en la época de lluvias del año puede influir en la mayor frecuencia de anticuerpos anti Cysticercus encontrados en la época de lluvias en los tres grupos. Las trayectorias más largas registradas en la temporada de lluvias pueden aumentar el riesgo de exposición a sitios contaminados y, por lo tanto, la adquisición del parásito. Por otro lado, la falta de diferencias en las distancias recorridas por los grupos porcinos podría deberse a las condiciones homogéneas observadas dentro de la comunidad.

Como primer hallazgo de este trabajo, se detectaron grandes agregados de heces humanas en el lugar, en una especie de baños al aire libre utilizados por un gran segmento de la población de San Martín Pachivia. Los sitios que contienen heces suelen ser terrenos baldíos o sitios de construcción abandonados, más comunes en las afueras del pueblo. Otras rutas que suelen utilizar los cerdos son los barrancos por donde desembocan alcantarillas improvisadas de varias casas y letrinas. Los cerdos cubren las mismas trayectorias todos los días, y la mayor parte de su actividad de exploración se puede describir como movimientos cortos dentro de lugares ricos

FIGURA 3 Radios de movimiento de cerdos en una zona mexicana. Cada círculo representa un radio de 100 m con respecto al sitio de los hogares donde se crían los cerdos. Localizado por GPS.

en heces combinados con largos desplazamientos lineales. Se podría utilizar una descripción de estos movimientos para sugerir sitios cuyo acceso debería estar restringido a los cerdos y para enfatizar la importancia de cambiar las prácticas de higiene y/o mejorar la infraestructura sanitaria.

Tales medidas podrían incluir restringir el desplazamiento de cerdos (lo que haría extremadamente difícil mantener este sistema de cría) o limitar el acceso de animales a áreas de riesgo sanitario, como vertederos de basura o áreas de eliminación de aguas residuales.

Como indican las trayectorias registradas, los cerdos visitan partes muy diferentes de los lugares que presentan factores de exposición distribuidos homogéneamente. Este patrón explica la ausencia de diferencias en la seroprevalencia de anticuerpos entre los tres grupos en cada temporada.

Cabe señalar que el uso de un GPS para determinar los radios de movimiento de los cerdos podría permitirnos inferir la existencia de contacto con otros cerdos, lo que puede ser relevante para estudiar la transmisión de enfermedades cerdo-cerdo, especialmente para aquellas enfermedades transmitidas por contacto directo, como las virales, infecciones como influenza, peste porcina clásica o PRRS. También podría ser una herramienta valiosa para identificar enfermedades que el cerdo no adquiere de otros cerdos sino al ingerir heces humanas contaminadas, como cisticercosis, equinococosis y amebiasis; esto nos ayudaría a identificar áreas altamente contaminadas donde se deben aplicar medidas de saneamiento, lo que nos permitirá diseñar estrategias preventivas más eficientes. Se ha propuesto que las variaciones en la distancia recorrida y las áreas de desplazamiento para la mayoría de las especies están determinadas por factores intrínsecos y extrínsecos, como variables relacionadas con el clima, características del terreno como la presencia de cuerpos de agua y campos de cultivo, y características de especímenes individuales *(Kay et al., 2017)*. En base a esto, la variación en las distancias recorridas por los cerdos en ambas estaciones del año se puede explicar considerando que la temperatura en el sitio de estudio varía marcadamente entre ambas estaciones. Así, en la estación seca (diciembre a mayo) y particularmente en abril y mayo, a menudo se registran temperaturas de hasta 32° C al mediodía; esta temperatura está fuera del rango de comodidad para los cerdos *(Zimmerman et al., 2012)*, y los animales prefieren permanecer a la sombra, descansando y limitando el desplazamiento tanto como sea posible.

La longitud de las trayectorias registradas son similares a las descritas para los jabalíes en los Estados Unidos, donde se informó de un movimiento diario máximo de 0,8-2,12 km *(Kay et al., 2017)*; sin embargo, los valores de desplazamiento aquí reportados son más bajos que los descritos para los cerdos domésticos en Kenia, donde se observó un movimiento de hasta 4 km por día, en un área aproximada de 10 km2 *(Thomas et al., 2013)*. Los cerdos en San Martín Pachivia recorrieron un máximo de 300 m desde el sitio que habitaban, una distancia mayor ›

a la descrita en Perú, donde se reportó de un radio de movimiento de 100 m *(Pray et al., 2016)*. La forma de crianza semiconfinada observada en el lugar en estudio es común en muchas regiones de México e incluso en otras partes del mundo donde la cisticercosis es endémica *(Linares-Ibáñez et al., 2011; Copado et al., 2004; Pray et al., 2016; Pray et al., 2017)*. Por tanto, nuestros resultados son relevantes para otras regiones.

En este estudio, la cría de cerdos se encontró en 33 lugares (13,04%) de la ubicación, lo que arrojó una proporción entre humanos y cerdos cercana a 5:1. Esta relación es superior a la reportada en otros estudios realizados en México y Perú *(Linares-Ibáñez et al., 2011; Pray et al., 2017)*.

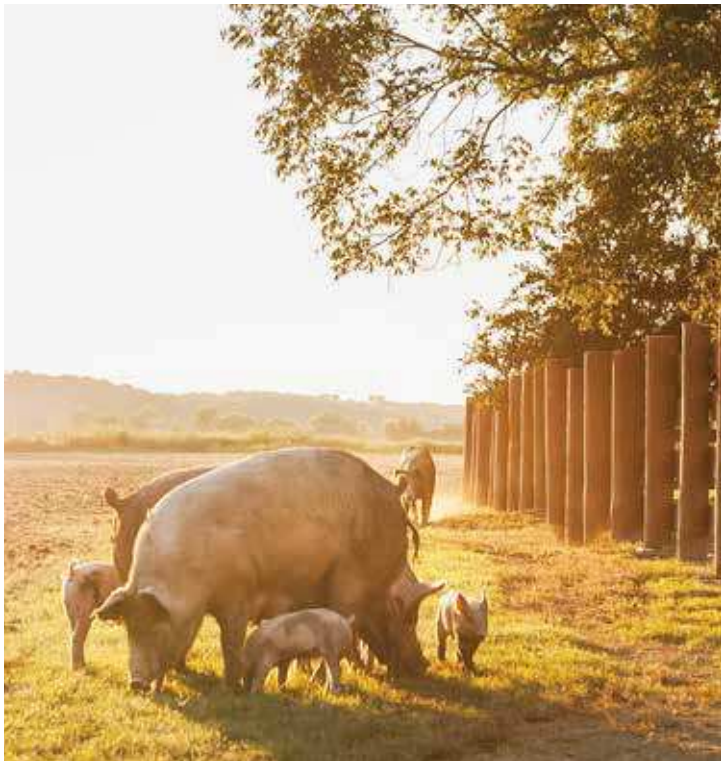
En San Martín Pachivia se encontró una distribución amplia y uniforme de cerdos, similar a la observada en otras localidades mexicanas. Sin embargo, es diferente al informe de Martínez-Castañeda et al. (2012), donde los cerdos se crían solo en la periferia o en áreas específicas de las aldeas; este rasgo favorece una interacción directa o indirecta entre todos los cerdos y con los habitantes del lugar, al menos en San Martín Pachivia.

Con respecto a la estructura de los grupos porcinos, estos están formados por machos y hembras, animales jóvenes, adultos y lechones, con jerarquías lineales. Esta estructura también se observó en los tres grupos aquí estudiados, los cuales están formados por hasta 15 animales. Cada grupo estaba dominado por una cerda, generalmente la más vieja. Este estudio explora una estrategia para relacionar las trayectorias de grupos de animales en un espacio y tiempo dado donde se ha insinuado la presencia de alguna enfermedad infecciosa, para localizar aquellos puntos con mayor transmisión de cisticercosis para los animales. ■

REFERENCIAS

- Aluja de AS, Villalobos N (2000). Cisticercosis por Taenia solium en cerdos de México. Veterinaria México, 31(3), p. 239-44.
- Copado F. Mayagoitia L, Aluja de SA, Galindo F (2004). The behaviour of free ranging pigs in the Mexican tropics and its relationships with human faeces consumption. Appl Anim Behav Sci, 88, p. 243-52.
- Del Rio MJ (1996). El cerdo. Historia de un elemento esencial de la cultura castellana en la conquista y colonización de América (Siglo XVI). Anuario de Estudios Americanos, 53(1), p. 13-35.
- FIRA (2017). Programa Agroalimentario Carne de cerdo. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial.
- Guy YZS, Thomson PC, Hermesch S (2012). Selection of pigs for improved coping with health and environmental challenges: breeding for resistance or tolerance? Front Gen, 3, p. 281.
- Kay SL, Fischer JW, Monaghan AJ, Beasley JC, Boughton R, Campbell TA, et al. (2017). Quantifying drivers of wild pig movement across multiple spatial and temporal scales. Movement Ecology, 5, p. 14.
- Linares-Ibáñez JA, Sciutto-Conde E, Trujillo OME,

Pérez-Rivero JJ, Martínez-Maya, JJ (2011). Estructura etaria, comportamiento productivo y reproductivo de una población de cerdos criados en semiconfinamiento, en una comunidad rural del estado de Morelos, México. Veterinaria México, 42(4), p. 259-67.
- Marotta E, Lagreca L, Muñoz Luna A (1999). Conducta social, alimenticia y social del cerdo. Porci, Aula Veterinaria, Tratado de Ganado Porcino. Comportamiento y Bienestar Porcino (II). Madrid: Luzans.
- Martínez Castañeda FE, Herrera Haro JG, García Contreras AC, Pérez Pérez J (2003). Indicadores productivos y de sustentabilidad económica de granjas porcinas urbanas en el norte de México DF (resultados preliminares). Arch. Zootec, 52, p. 101-04.
- Martínez MJJ, Aluja AS, Martínez VN, Jaramillo ACJ, Gemmell M (1997). Epidemiología de la cisticercosis en cerdos en una comunidad rural del estado de Guerrero, México. Veterinaria México, 28, p. 281-6.
- Martínez-Castañeda F, Perea-Peña M. (2012). Estrategias locales y de gestión para la porcicultura doméstica en localidades periurbanas del valle de México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 9, p. 411-25.
- Morales J, Martínez JJ, Villalobos N, Hernández M, Ramírez R, Salgado-Estrada B, et al. (2018). Persistent Taenia solium cysticercosis in the state of Morelos, Mexico: Human and Porcine Seroprevalence. J Parasitol, 104(5), p. 465-72.
- Palma A, Ortiz B, Mendoza L, Matamoros G, Gabrie JA, Sánchez AL, et al. (2017). Molecular analysis of human-and pig-derived Ascaris in Honduras. J Helminthol, 17, p. 26-32.
- Pray WI, Ayvar V, Gamboa R, Muro C, Moyano LM, Benavides V, et al. (2017). Spatial relationship between Taenia solium tapeworm carriers and necropsycyst burden in pigs. PLoS Negl Trop Dis, 11(4), p. e0005536.
- Pray WI, Swanson JD, Ayvar V, Muro C, Moyano LM, González AE, et al. (2016). GPS Tracking of Free-Ranging Pigs to Evaluate Ring Strategies for the Control of Cysticercosis/Taeniasis in Peru. PLoS Negl Trop Disp, 10(4), p. e0004591.
- Thomas LF, de Glanville WA, Cook AE, Fèvre EM (2013). The spatial ecology of freeranging domestic pigs (Sus scrofa) in western Kenya. BMC Vet Res, 9, p. 46.
- Turchin P (1998). Quantitative analysis of movement: Measuring and modeling population redistribution in animals and plants. Storrs, CT: University of Connecticut.
- Vitali M, Dimauro C, Sirri R, Zappaterra M, Zambonelli P, Manca E, et al. (2018). Effect of dietary polyunsaturated fatty acid and antioxidant supplementation on the transcriptional level of genes involved in lipid and energy metabolism in swine. PLoS ONE, 13(10), p. e0204869.
- Wayne WD (2002). Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4th edn. Mexico City: Limusa.
- Weather Spark (2021). Tiempo promedio en diciembre en San Martín Pachivia (Pachivia), México. Available at: https://es.weatherspark.com/m/5447/12/Tiempo-promedio-en-diciembre-en-San-Mart%C3%ADn-Pachivia-(Pachivia)-M%C3%A9xico#Sections-Temperature.
- Zimmerman J, Karriker L, Ramírez A, Schwartz JK, Stevenson WG (2012). Diseases of swine. 10th edn. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, p. 63.



El artículo original puede leerse en el QR adjunto:
https://www.aasv.org/shap/issues/v29n2/v29n2p72.pdf