

ESTUDIOS SOBRE PESTE SELVÁTICA EN AMÉRICA DEL SUR*

IV. TRANSMISIÓN EXPERIMENTAL DE LA PESTE POR *POLYGENIS LITARGUS*†

ATILIO MACCHIAVELLO, M.D., D.R.P.H.

Organización Mundial de la Salud, Ginebra

En 1923, Jordan y Rothschild (1) describieron la *Polygenis (Rhopalopsyllus) litargus*, en ejemplares obtenidos de *Melanomys (Oryzomys) phoeopus*, atrapados a 1.750 m. de altura, en San José, al Oeste de Huigra, Ecuador, y en 1 macho capturado en una "rata" por C. H. Townsend, 1913, en Callejón del Huaylas, Perú.

En 1932, Eskey (2) menciona la *P. litargus* como existente en el Perú, sin citar huésped ni localidad. En 1937, Ramos Díaz (3) identificó como correspondientes a esta especie, ejemplares de pulgas obtenidos en roedores campestres recolectados por el Dr. Henry Hanson, de la Oficina Sanitaria Panamericana, en Salaverry y Trujillo, los cuales fueron identificados por el *Smithsonian Institution* de Estados Unidos, como *Sigmodon peruanus*.

En 1946, Macchiavello (4) constata la enorme dispersión geográfica y zoológica de esta especie púlida, recolectándola en la frontera del Perú con Ecuador, a nivel de Los Encuentros y Bolasbamba, en *Rhipidomys equatoris*, *Oryzomys xanthaeolus xanthaeolus*, *Oryzomys nitidus*, *Akodon mollis mollis*, *Sigmodon* (cercano a) *simonsi* y *Sciurus stramineus nebourxii*; en la zona montañosa de Huancabamba, entre 1.800 y 3.300 m. sobre el nivel del mar, en *A. mollis orophilus*, *Oryzomys stolzmanni*, *Sylvilagus* sp. y *Cavia porcellus*; en la zona de Trujillo y Laredo y otras partes del valle de Santa Catalina, o Moche, en *S. peruanus*, *R. rattus alexandrinus* y *R. r. frugivorus*, y en Nazca,

en *Oryzomys xanthaeolusica*, recolectados por Gilmore y Mostajo Patrón.

En la frontera Norte del Perú, en los campos de maíz de las faldas de los cerros de La Mesa y Cortezo y Cerro Negro, de la zona vecina ecuatoriana, la *P. litargus* vive libre a campo abierto y pica al hombre. En estas localidades, la *P. litargus* se encuentra como especie única en muchos de los roedores mencionados.

El número de pulgas de esta especie encontradas naturalmente infectadas de peste, sobrepasa un centenar de lotes. Aunque su preponderancia y distribución en los roedores infectados hace presumir que sea la vectora de la infección pestosa, el hecho de que todas las pulgas de roedores silvestres puedan adquirir la infección con relativa facilidad, sean o no vectoras, nos indujo a estudiar experimentalmente el poder de transmisión de la *P. litargus*.

EXPERIMENTACION

Los experimentos de transmisión siguieron los lineamientos clásicos: los unos, usando lotes de pulgas, que luego de ser infectados sobre un roedor inoculado con peste, se hacen actuar (en el mismo depósito) sobre otro roedor nuevo, a la muerte del primero; los otros, utilizando *P. litargus* mantenidas individualmente en tubos de ensayo y alimentadas sucesivamente sobre animal infectado y animal nuevo. Solo en el segundo caso puede delimitarse con precisión el período de incubación extrínseca de la peste, según lo establecido por Eskey y Haas (5).

Las pulgas utilizadas fueron obtenidas sobre sigmodones y clasificadas en vida, y cuando posible, también después de muertas. La comprobación de la infección, se hizo por cultivo de las heces. Los métodos para determinar la incubación extrínseca de la infección, el potencial de infección, el potencial

* Las investigaciones que se presentan en este artículo se hicieron en 1947.

† La parte I de estos estudios se publicó en el *Boletín* de octubre, 1955, pág. 339; el capítulo 1 de la parte II en el *Boletín* de julio, 1957, pág. 19; el capítulo 2 de la parte II, en el de septiembre, 1957, pág. 225; y la parte III, en el de junio, 1958, pág. 484.

vector y el de transmisión, que definen la eficiencia vectora, son los utilizados por Eskey y Haas (5) y por Wheeler y Douglas (6, 7) respectivamente.

En el primer grupo de experimentos se utilizaron lotes de 10, 15 y 25 especímenes de *P. litargus*, agregados a sendos cobayos, sigmodones o ratas alejandrinas previamente sometidos a cuarentena y despulgue y a inoculación subcutánea de una dosis fija de *Past. pestis*, cultivadas en agar nutritivo. A la muerte del animal, se agregó el roedor de prueba, sometido previamente a igual observación y despulgue. También se observó a veces la tendencia de la *P. litargus* a permanecer en el pelaje de los sigmodones muertos, no así de los otros roedores, y se tomó la precaución de retirar estas pulgas y devolverlas al depósito original.

La mayoría de las pulgas sobrevivientes resultaron estar infectadas, pero no bloqueadas (infecciosas), y un cierto porcentaje se "purificó" de la infección, pero no se llevaron anotaciones sistemáticas que permitan establecer una evaluación precisa de este fenómeno.

En el animal de origen y en el animal de prueba, se midió el grado de septicemia, *post-mortem*, en frotis de sangre de corazón valorando el número de *Past. pestis* por campo microscópico en el promedio del recuento de 5 a 10 campos.

En el segundo grupo de experimentos se siguió la técnica de Eskey y Haas (5, 8), pero cada pulga se alimentó solamente en un animal, de manera que los experimentos de transmisión múltiple realizados más tarde no corresponden a esta serie.

RESULTADOS

En el cuadro No. 1 se han reunido las pruebas de transmisión por lotes de *P. litargus*, infectadas en *S. peruanus*, cobayos o *R. alexandrinus*. Cada uno de estos lotes se ha hecho actuar a su vez, sobre animales frescos de las 3 especies mencionadas, lo que da un total de 9 grupos de experimentos.

Desde luego, se observa en el cuadro No. 1 que la inoculación subcutánea de 1.000.000

de *Past. pestis* provoca una infección más rápidamente mortal en el *S. peruanus* que en el *R. alexandrinus*, o en el cobayo. Que esta mayor virulencia de la peste en el sigmodón no se debe a dosis infecciosa por kilogramo de peso, lo hemos probado en otros experimentos no mencionados aquí. En este roedor la peste experimental asume un curso más agudo que en el cobayo. En el resumen presentado en el cuadro No. 2, se observa, además, que la pesticemia final es mayor en el sigmodón.

Podría, por lo mismo, pensarse que este fenómeno de mayor pesticemia contribuye a que las pulgas alimentadas sobre sigmodón pestoso adquieran un grado mayor de infección, explicando así lo que se observa en los cuadros Nos. 1 y 2, cuando el animal de prueba también es sigmodón. El análisis de los resúmenes que acompañan al cuadro No. 2 muestra, sin embargo, que cualesquiera que sea el roedor en que se infectan las pulgas y el grado de pesticemia que presente, la transmisión de la peste entre sigmodones, o de cualquier roedor a sigmodón, se hace con mayor facilidad a juzgar por el tiempo que demora, que es el menor.

Este menor tiempo, depende solamente en parte de la menor sobrevida de los sigmodones pestosos. Tal vez la explicación más satisfactoria sea la natural mayor apetencia de la *P. litargus* por su huésped natural, y la observación, hecha en el terreno y en el laboratorio, de que esta pulga, a la muerte del huésped, tiene tendencia a permanecer en él. Aunque éste no fue el caso en nuestros experimentos, por la ruptura artificial de esta condición, es probable que la fijación de las pulgas infectadas en el animal fresco, que no es sigmodón, se haga con demora. Dado que en los experimentos en tubo, sobre un animal o sobre series de animales de una misma especie de roedor, se comprobó que hubo dificultad de transmisión a cobayos y ratas alejandrinas mediante pulgas evidentemente bloqueadas, concluimos que, además de los factores mencionados, había divergencia de capacidad de la *P. litargus* para transmitir la peste en los roedores mencionados, y que

CUADRO No. 1.—Transmisión experimental de la peste por *P. litargus*,* 1947 (Inoculación del 1^{er} animal con 1 millón de *Past. pestis*, subcutáneo).

Transmisión entre:	Sobrevivida 1 ^{er} animal (días)	Sobrevivida 2 ^o animal ^a	Duración del experimento ^b	Septicemia pestosa ^c						Pulgas usadas en transmisión	Pulgas sobrevivientes	Porcentaje de pulgas sobrevivientes usadas con fin experimental
				1 ^{er} animal			2 ^o animal					
				<i>Past. pestis</i> por campo microscópico			<i>Past. pestis</i> por campo microscópico					
				0	-10	+10	0	-10	+10			
Sp-Sp	3	12	15	-	-	+	-	-	+	10	2	20,0
Sp-Sp	3	9	12	-	-	+	-	-	+	15	1	6,66
Sp-Sp	3	10	13	-	-	+	-	-	+	25	16	64,0
Sp-Co	3	17	20	-	-	+	+	-	-	10	4	40,0
Sp-Co	2	16	18	-	+	-	-	+	-	15	5	33,3
Sp-Co	3	19	22	-	-	+	-	+	-	25	3	12,0
Sp-Ra	3	16	19	-	+	-	-	+	-	10	1	10,0
Sp-Ra	3	19	22	-	-	+	-	+	-	15	9	60,0
Sp-Ra	2	28	30	-	+	-	-	-	+	25	2	8,0
Co-Sp	5	11	16	-	+	-	+	-	-	10	2	20,0
Co-Sp	5	14	19	-	-	+	-	+	-	15	3	20,0
Co-Sp	6	9	15	-	-	+	-	-	+	25	8	32,0
Co-Co	5	28	33	-	-	+	-	-	+	10	3	30,0
Co-Co	7	38	45	-	+	-	+	-	-	15	0	0,0
Co-Co	4	17	21	-	-	+	-	+	-	25	2	8,0
Co-Ra	6	13	19	-	+	-	-	+	-	10	0	0,0
Co-Ra	5	21	26	-	-	+	+	-	-	15	0	0,0
Co-Ra	5	37	42	-	+	-	-	+	-	25	2	8,0
Ra-Sp	3	12	15	-	+	-	-	-	+	10	5	50,0
Ra-Sp	3	8	11	-	-	+	-	-	+	15	8	53,3
Ra-Sp	4	9	13	-	+	-	-	-	+	25	12	48,0
Ra-Co	4	16	20	-	+	-	-	+	-	10	6	60,0
Ra-Co	6	9	15	-	+	-	-	+	-	15	3	20,0
Ra-Co	3	10	13	-	-	+	-	+	-	25	0	0,0
Ra-Ra	3	21	24	-	+	-	+	-	-	10	0	0,0
Ra-Ra	3	17	20	-	+	-	+	-	-	15	3	20,0
Ra-Ra	4	16	20	-	-	+	-	+	-	25	0	0,0

Sp = *Sigmodon peruanus*; Co = *Cavia porcellus* (cobayo); Ra = *Rattus alexandrinus*.

* Las pulgas usadas en la transmisión fueron recolectadas sobre *S. peruanus* y previamente clasificadas. Los animales usados en los experimentos estuvieron sometidos a una cuarentena previa de 15 días.

^a El 2^o animal, en cada experimento, previamente despulgado, se adicionó al bocal antes de retirar el 1^{er} animal muerto, dejando un tiempo de contacto de 2 a 4 horas.

^b La duración del experimento se considera desde la inoculación del primer animal hasta la muerte del segundo.

^c La septicemia fue constatada *post-mortem* en frotis de sangre de corazón y su grado se anotó por bacilos pestosos por campo microscópico, en un promedio de 5 campos.

este fenómeno no dependía de su cualidad infecciosa.

Al final de los experimentos se recuperaron pulgas sobrevivientes en cantidad variable. En el cuadro No. 1 se aprecia que el número de ellas fue mayor en los experimentos de duración más corta y ello sugiere indirectamente que el período de incubación extrínseca de la peste en las pulgas usadas fue ampliamente variable. Un número no determinado de *P. litargus* se "purifica" de la infección probablemente sin haber alcanzado el fenómeno del bloqueo; pero las hay bloqueadas que logran también librarse de esta condición.

La duración insignificante de algunas transmisiones, desde la inoculación del primer animal a la muerte del segundo (promedios de 13 días) sugiere que algunas *P. litargus* se bloquean pronto y ya se hacen infecciosas alrededor del quinto día. Sin embargo en esta serie no se puede descartar la posibili-

dad de otro proceso infeccioso, como la ingestión de ectoparásitos infectados (no necesariamente infecciosos), proceso éste desacreditado por otros experimentadores posiblemente sin suficiente base para ello.

En las pruebas de transmisión por pulgas individuales descritas en el cuadro No. 3, se observa que de las *P. litargus* alimentadas en los 3 tipos de roedores en estudio, todos con gran pesticemia final, las alimentadas en *S. peruanus* son las que se infectan en más alta proporción y las que presentan mayor potencial de transmisión. Pero, en todo caso, como hemos dicho más arriba, pulgas infectadas en cualquiera de los 3 roedores, una vez infecciosas, transmiten mejor la peste al sigmodón, que a cobayos o ratas alejandrinas. Como las series infectadas en estas dos últimas especies de roedores son pequeñas, tal aseveración puede analizarse mejor en los experimentos presentados en el cuadro No. 4.

CUADRO No. 2.—Resumen de los experimentos de transmisión con *P. litargus*.

Transmisión entre: (3 en cada serie)	Promedios de sobrevida		Duración promedio del experimento	No. de animales con la septicemia pestosa anotada						Promedio de pulgas sobrevivientes por experimento	Porcentaje de pulgas recuperadas del total de cada serie
	1er animal	2º animal		1er animal			2º animal				
				0	-10	+10	0	-10	+10		
Sp-Sp	3	10,3	13,3	—	—	3	—	—	3	6,3	38,0
Sp-Co	2,6	17,3	20	—	1	2	1	2	0	4,0	24,0
Sp-Ra	2,6	21	23,6	—	2	1	—	2	1	4,0	24,0
Co-Sp	5,3	11,3	16,6	—	1	2	1	1	1	4,3	26,0
Co-Co	5,3	27,6	33	—	1	2	1	1	1	1,6	10,0
Co-Ra	5,3	23,6	29	—	2	1	1	2	—	0,6	4,0
Ra-Sp	3,3	9,6	13	—	2	1	—	—	3	8,3	50,0
Ra-Co	4,3	11,6	16	—	2	1	—	3	—	3	18,0
Ra-Ra	3,3	18	21,3	—	2	1	2	1	0	1	6,0

Promedios de valores en experimentos iniciados en:

Sp	2,7	16,2	19	—	3	6	1	4	4	4,7	28,6
Co	5,3	20,8	26,2	—	4	5	3	4	2	2,2	13,3
Ra	3,6	13,1	16,7	—	6	3	2	4	3	4,1	24,6

Promedio de valores en experimentos en que el 2º animal es:

Sp		10,4		—	3	6	1	1	7	6,3	38
Co		18,8		—	4	5	2	6	1	2,8	17
Ra		20,9		—	6	3	3	5	1	1,9	11,4

Sp = *Sigmodon peruanus*; Co = *Cavia porcellus* (cobayo); Ra = *Rattus alexandrinus*.

CUADRO No. 3.—*Transmisión individual de la peste por P. litargus.**

Transmisión entre:	No. de pulgas	Total de comidas	No. de pulgas infectadas (Heceas con <i>Past. pestis</i>)	Porcentaje de pulgas infectadas	No. de transmisiones†	Eficiencia vectora	Pulgas infecciosas "purificadas"	Porcentaje de pulgas purificadas
Sp-Sp	20	46	12	60,0	8/12	0,4	1	12,5
Sp-Co	20	53	17	85,0	6/17	0,3	2	33,3
Sp-Ra	20	38	14	70,0	7/14	0,35	0	0,0
Co-Sp	10	42	2	20,0	2/2	0,2	0	0,0
Co-Co	10	34	3	30,0	0/3	0,0	0	0,0
Ra-Sp	10	17	1	10,0	1/1	0,1	0	0,0
Ra-Ra	10	35	5	50,0	1/5	0,1	0	0,0

* En estos experimentos, una vez infectadas las pulgas sobre el animal pestoso, se mantuvieron separadamente en tubos a temperatura ambiente y se alimentaron una o más veces al día en animal nuevo, usando el mismo para cada pulga a través del experimento (julio a octubre, 1947).

† El bloqueo no se menciona considerando que, en último análisis, la eficiencia vectora depende del número de transmisiones de la infección.

En los primeros experimentos detallados en el cuadro No. 4 se puede observar que por los dos métodos usados—alimentación de la pulga infecciosa una vez en cada animal, o en serie de 10 animales presentados sucesivamente, a intervalos variables determinados por la aceptación de la pulga de alimentarse en ellos—se obtiene un promedio de transmisiones muy superior para las *Polygenis litargus* que actúan sobre *Sigmodon peruanus* (4, 5) que para las que pican cobayos (1, 5) o *R. alexandrinus* (0, 5).

Para corroborar este resultado eliminando la posibilidad de diferencias individuales en el poder vector de las pulgas se procedió a alimentar cada pulga bloqueada sucesivamente en 1 sigmodón, 1 cobayo y 1 *Rattus*, utilizando para cada pulga tres animales nuevos cada día y cambiando el orden relativo de los animales de las distintas especies, para evitar la posibilidad de un mayor porcentaje de infección si siempre la primera picada fuera recibida por el mismo tipo de roedor. Tres pulgas sobrevivieron en total casi 9 días y por lo mismo alcanzaron a alimentarse en 8 a 9 roedores de cada especie en estudio. Dos pulgas sobrevivieron en total casi 11 días y se alimentaron en 9 a 11 animales de cada especie. De 18 sigmodones picados, 11 contrajeron peste; de 18 cobayos, 6 se infectaron y de 19 *R. alexandrinus*, 7.

Este mayor potencial de transmisión de la *P. litargus* a su huésped natural, se pone mejor en evidencia si se totalizan todas las pruebas de transmisión resumidas en el cuadro No. 4. Aunque las pulgas usadas fueron 17, como 5 actuaron sobre tres grupos distintos de animales, se debe considerar que sobre cada grupo actuaron 9 pulgas. Las que actuaron sobre *S. peruanus*, transmitieron la peste en proporción de 64,4 % del total de los animales ensayados, con un potencial de transmisión por pulga de 3,2. El grupo que actuó sobre cobayos infectó 27,9 % de los animales, con un potencial de transmisión de 1,3; y el que obró sobre *R. alexandrinus*, solamente infectó el 16,7 %, con un potencial de transmisión de 1,0.

Comparando los resultados expuestos en el cuadro No. 4, se observa que la eficiencia vectora de la *P. litargus* varía de 1,45 para *S. peruanus* a 0,45 para *R. alexandrinus*, mientras en el cuadro No. 3, las cifras correspondientes son muy inferiores. Aunque estos datos no sean sino relativos, ponen de relieve que la eficiencia vectora que manifiesta una especie púlida depende, en su significación epidemiológica y en grado muy amplio, del animal receptivo de la infección sobre el cual actúa.

De los resultados establecidos sobre la transmisión de la peste por grupos de pulgas,

podría pensarse que el período de incubación extrínseca de la infección es en la *P. litargus* bastante corto. Aun cuando es evidente que algunas pulgas son capaces de transmitir la peste ya al quinto día después de la comida infectante, los bloqueos tempranos, deben, sin embargo, considerarse una excepción. La mayoría de las pulgas infectadas permanecen como tales por un largo período. La incubación extrínseca más frecuente dura de 20 a 30 días, pero ignoramos el ritmo de frecuencia con que las pulgas se bloquean, porque las series observadas son pequeñas para obtener un conocimiento válido. El tiempo que necesitan para bloquearse pulgas de un mismo lote es muy variable. Además, la sobrevida de *P. litargus* en el laboratorio no es comparable a la sobrevida en condi-

ciones naturales. Sabemos, por observaciones anteriores, que, en la naturaleza, ella no es menor de 6 meses (9) y en estado de ayuno. En el laboratorio, infectadas o no, la sobrevida depende de las condiciones ambientales y de la regularidad de la alimentación.

Por otra parte, un cierto número de pulgas comprobadamente infectadas por el examen bacteriológico de las heces, lograron librarse de la infección después de un tiempo variable. Incluso algunas que presentaron fenómeno de bloqueo, lograron purificarse y sobrevivir. Ninguna cifra podemos ofrecer con seguridad sobre la duración del estado infeccioso, período de incubación extrínseca, bloqueo y porcentajes correspondientes a los fenómenos de desbloqueo y de purificación; pero en las observaciones realizadas puede

CUADRO No. 4.—*Transmisiones múltiples de la peste, por P. litargus.**

Animal del experimento	No. de pulgas infecciosas (bloqueadas)	No. de pulgas usadas en cada experimento	Total de animales infectados alimentando cada pulga:			Total de transmisiones	Promedio de transmisiones por pulga
			Una vez en cada animal	sucesivamente en 10	alternativamente en un animal de cada especie en cada día		
Sp	4	2	7			7	3,5
		2		11		11	5,5
Co	4	2	1			1	0,5
		2		5		5	2,5
Ra	4	2	0			0	0,0
		2		2		2	1,0
Sp	5	3			5/8	5	1,66
Co					4/9	4	1,33
Ra					3/8	3	1,0
Sp	2	2			6/10	6	3,0
Co					2/9	2	1,0
Ra					4/11	4	2,0
Sp		(9)†	7/7	11/20	11/18	29/45	3,2 (64,4%)
Co		(9)†	1/5	5/20	6/18	12/43	1,3 (27,9%)
Ra		(9)†	0/14	2/20	7/19	9/53	1,0 (16,7%)

* Lotes originales de 10 pulgas cada uno, de las cuales prácticamente todas se revelaron infectadas, por el examen bacteriológico de las heces.

† Considerando que las 9 pulgas infecciosas que actuaron sobre cada especie de roedor corresponden a dos lotes de 10 pulgas, o sea, 20 en total, la eficiencia vectora de la *P. litargus* fue:

Para <i>Sigmodon peruanus</i>	1,45
Para <i>Cavia porcellus</i>	0,60
Para <i>Rattus alexandrinus</i>	0,45
Para las 3 especies	1,25

concluirse que el bloqueo es frecuente entre los 20 y 30 días después de la comida infectante y que el porcentaje de pulgas que adquieren capacidad vectora depende del animal en que se alimentan, pudiendo alcanzar hasta al 50 % cuando se trata de sigmodones. Las pulgas bloqueadas no sobreviven un promedio mayor de 4 días, si bien en algunos lotes alimentados en sigmodón fue de 3, y en otros alimentados en cobayo, de 5 y hasta 6, y este fenómeno no siempre depende del grado de septicemia del roedor.

En consecuencia cabe decir que, a pesar de los cortos períodos de incubación intrínseca de la peste observados en algunos ejemplares, este período es en general más bien prolongado, y que, una vez producido el bloqueo, la sobrevida es más bien limitada.

Como para otras especies de pulgas, la actividad del macho es relativamente menor que la de la hembra y ésta aparece como mejor vector, principalmente debido a que, cuando está bloqueada, sus esfuerzos por alimentarse son más intensos y más repetidos que en el macho. Posiblemente también haya una relación a favor de aquélla en relación con su mayor volumen y por lo tanto mayor probabilidad de obtener infección con la sangre ingerida de roedores pestosos. Esta es una posibilidad que no se puede sostener sobre pruebas experimentales. Eskey y Haas anotan que el tamaño de la pulga no tiene influencia en este sentido. En la *P. litargus* el factor menor tamaño está correlacionado positivamente con el sexo macho, con el menor potencial de transmisión, con la menor intensidad de las picadas, etc., sin poder decir cuáles son los factores que verdaderamente influyen en dar al macho menor eficiencia vectora que a la hembra.

DISCUSION

Las experiencias de transmisiones múltiples nos enseñan, ante todo, que es necesario fijar el concepto de potencial de transmisión y que para ello pueden utilizarse criterios diferentes, con la certeza de que todos ellos se apartan de lo que acontece en la naturaleza.

Si la pulga con potencial vector se alimenta cada vez en un animal nuevo de una especie de roedor, será fácil determinar el número de picadas que tienen buen éxito o que fracasan y el porcentaje correspondiente. También se puede utilizar un número limitado de animales, 10 por ejemplo, que se hacen picar sucesivamente por la pulga desde que se bloquea hasta que muere, y probablemente más de una vez cada animal. En la naturaleza ambas condiciones son improbables u ocasionales, y es verosímil que lo más frecuente sea que una pulga, con capacidad vectora, muerto el huésped en que originó la infección, se fije a otro nuevo huésped de la misma especie y en él permanezca hasta morir por efecto del bloqueo, a menos que se libre de la infección, caso en que deja de tener importancia como vectora. En consecuencia, en condiciones naturales, cualquiera que sea el potencial de transmisión teórico de una pulga infecciosa, el práctico y efectivo será cero o la unidad, y sólo en casos excepcionales, múltiplos de la unidad. La eficiencia vectora determinada por procesos de laboratorio es un método de valoración comparativa entre diversas especies púldas, basado en la ocurrencia de un fenómeno esencial a la transmisión de la peste que es forzado a manifestarse en condiciones artificiales. El valor epidemiológico de los datos obtenidos, depende, por lo tanto, de la similitud o divergencia que haya entre estos resultados de laboratorio y las condiciones naturales. En la naturaleza, lo que verdaderamente cuenta para determinar la importancia de una especie púlida en la epizootiología de la peste es: la densidad de su población que, bajo ciertas condiciones (poco aplicables a las áreas de peste selvática) puede determinarse con precisión utilizando el índice rata-pulga descrito por el autor (10); la biología y los hábitos del púlido; su ecología; sus relaciones con el reservorio del cual deriva y al cual transmite la peste y con los otros roedores locales que a veces participan en el fenómeno; la biología y ecología de éstos y los factores ambientales (clima, topografía, vegetación, altitud, habitación etc.) circundantes.

Los factores biológicos y los hábitos del púlido que gobiernan el proceso de su infección pestosa fueron enumerados por el autor, en 1950 (11), dando importancia a los hábitos alimentarios, afinidad por uno o más huéspedes, incubación extrínseca de la infección, sobrevida y potenciales de infección, vector y de transmisión. La ecología púlida, en su sentido más amplio, es parte integrante de todo estudio epidemiológico de la peste y la ayuda que por treinta años la Oficina Sanitaria Panamericana ha prestado a los países de América para controlar la peste, ha sido en gran parte dedicada a estudios de esta naturaleza. El rol de las pulgas en la mantención inter-estacional de la peste fue demostrado para pulgas murinas y selváticas bajo diferentes condiciones ecológicas (9, 12, 13, 14), como asimismo la disminución espontánea de la virulencia de la *Past. pestis* en pulgas observadas en condiciones naturales (15) y los mecanismos por los cuales se restablece (16, 17). Las relaciones entre ecología, y biología y hábitos o comportamiento de pulgas y roedores, ha permitido dilucidar el mecanismo de ciertas enzootias y de ciertas epidemias, explicando sus características y, a veces, prediciendo sus manifestaciones, para un área determinada. Sin embargo, las variables desconocidas que intervienen en el fenómeno no permiten explicarlo siempre de acuerdo con las condiciones conocidas. La experiencia demuestra que los factores invocados varían de un sitio a otro y en sus relaciones recíprocas, en forma a veces tan inexplicable que rehuyen toda sistematización dentro de un esquema teóricamente preestablecido. Los experimentos relatados, demuestran, por ejemplo, que la eficiencia vectora de una pulga depende, en su significación epidemiológica, de la especie de roedor sobre el cual recibe y al cual transmite la infección. Cualquiera que sea la causa, el hecho fue evidente, medido por índices de laboratorio. Ahora bien, ¿cómo se comporta la *P. litargus* en la naturaleza? Las observaciones hechas en la Campiña de Trujillo, valle de Moche, harían sospechar que la *P. litargus* tiene una afinidad exclusiva por el

S. peruanus. Durante la campaña de control de la peste en Trujillo, pudimos comprobar repetidamente la reinfección proveniente del medio rural circundante en que la enzootia se mantiene en sigmodones. Súbitamente, en época desfavorable a la actividad de la *X. cheopis*, la peste adquirió proporciones epizooticas en el área rural, constatándose cada día centenares de sigmodones muertos de la infección. El *R. rattus frugivorus* que comparte la campiña con el sigmodón y que pulula, particularmente alrededor de los pequeños villorrios, no fue prácticamente tocado por la epizootia durante la época fría en que la *X. cheopis* permanece inactiva y en que las transmisiones de una a otra especie de roedor dependían de la *P. litargus*. La observación de que esta pulga permanece en los nidos, entre el pelaje de los sigmodones muertos, pareció dar la explicación del fenómeno. La epizootia se manifestó entre los *R. frugivorus* primero y luego de estos pasó a los *Rattus rattus* y *R. alexandrinus* de las poblaciones, sólo cuando la estación se hizo favorable a la *X. cheopis* y la infección pudo expandir entre ellos la peste de las escasas ratas originariamente infectadas en el campo. Durante el verano las epizootias en estas dos especies continuaron un curso independiente y el número de *X. cheopis* encontradas en sigmodones no fue más importante que el número de *P. litargus* recuperadas de ratas.

Bajo la impresión de estas observaciones comenzamos los estudios sobre la *P. litargus* durante las investigaciones epidemiológicas en la frontera del Perú y Ecuador (9). Los hechos nos enseñaron que la *P. litargus*, pica ávidamente a los cricétidos y ardillas e igualmente al hombre, aunque no al cobayo; que no permanece en la piel de los roedores muertos de peste; que vive a campo libre; que vive en las madrigueras por largos períodos de tiempo y conserva la infección pestosa hasta por 6 meses, etc. Como en esta zona no hay *Rattus*, no pudimos saber cómo se hubiera comportado respecto a ellos, pero en todo caso la enorme movilidad, el rango de dispersión zoológica y la actividad a campo libre de la *P. litargus* en Lancones, contrastó con

su sedentarismo y su afinidad al nido y al sigmodón, observados en Trujillo. La repercusión humana de la peste transmitida por *P. litargus* en Lancones, donde la densidad de población humana es mínima y transitoria, contrastó igualmente con la ausencia de peste humana en la campaña de Trujillo, densamente poblada.

Esta observación no trata de aminorar el valor de los experimentos de laboratorio, que indican el gran potencial de transmisión de la peste que tiene la *P. litargus* y que se ha comprobado en varias epidemias de peste selvática del Perú. Trata, simplemente, de reafirmar lo que dijimos en otra parte: (18) "La peste selvática es un fenómeno enzoótico local que, en gran parte, depende de la ecología ambiental y dinámica de la población de roedores. Muchos principios derivados de la observación de epizootias locales de peste selvática han sido erróneamente generalizados. Epidemiológicamente hablando puede decirse que hay tantas pestes selváticas como hay focos de la enfermedad".

CONCLUSIONES

La *P. litargus* es una espléndida vectora de la peste, especialmente cuando la transmite a su huésped natural, el *S. peruanus*. Las condiciones que gobiernan las transmisiones experimentales dependen de una gran cantidad de factores, como grado de peste-mia del roedor en que la pulga se infecta, especie de roedor receptor de la infección, número de ectoparásitos usados, período de incubación extrínseca, etc. Muchos de los fenómenos observados experimentalmente ayudan a explicar los hallazgos epidemiológicos relacionados con esta especie púlida.

Algunos factores propios a la biología púlida, como la afinidad variable por distintos huéspedes, la purificación de la infección pestosa, la permanencia en el pelaje de los sigmodones muertos, la transmisión irregular de la peste por pulgas bloqueadas según la especie de animal receptivo, no pueden ser explicados de un modo simple y único, ni dependientes exclusivamente de las pulgas.

En general, las observaciones relatadas concuerdan con las que se han hecho para otras pulgas selváticas.

RESUMEN

La *P. litargus*, descrita en 1923 por Jordan y Rothschild en lo que respecta al Ecuador y Perú, se ha encontrado con un amplio rango de distribución geográfica (a lo menos de Ecuador a Trujillo y de la costa hasta la Sierra, a alturas de 3.000 m. o algo más) y también zoológica, hallándose sobre *Sigmodón*, *Oryzomys*, *Rhipidomys*, *Sciurus*, etc., a veces como especie única, a veces como especie secundaria. Al parecer es un ectoparásito propio de cricétidos y especialmente sigmodones.

Experimentalmente transmite la peste a *Sigmodón*, *Cavia* y *Rattus*, siendo la eficiencia vectora sobre estas especies variable y estando a favor del huésped natural. El mecanismo de las transmisiones es el relatado para otras especies, especialmente de pulgas selváticas. En la naturaleza tiene una gran resistencia a las condiciones ambientales, larga sobrevivencia, y se alimenta fácilmente sobre distintos huéspedes. En el laboratorio y sobre animales pestosos, recibe la infección en porcentaje variable de acuerdo con el grado de peste-mia; el período de incubación extrínseca es variable, pudiendo ser hasta de 5 días, pero siendo comúnmente mayor; el bloqueo le permite una sobrevivencia de 3 a 5 días; la purificación y el desbloqueo son fenómenos que se observan en ejemplares infectados e infecciosos, tal vez en proporción mayor que en otras especies. La sobrevivencia media no fue determinada en el laboratorio, pero en la naturaleza sobrepasa los 6 meses en ayuno. Muchos factores comprendidos en la transmisión pueden depender de condiciones del huésped o del ambiente, sin llegar a establecerlos en definitiva.

Los hechos observados en el laboratorio concuerdan con los hallazgos epidemiológicos en la zona pestosa rural de Trujillo y en las áreas de peste selvática de Lancones y Huancabamba. Pero el comportamiento de la *P. litargus* respecto al *S. peruanus*, no

siempre coincide con lo observado en la zona de la frontera Norte del Perú, posiblemente debido a factores ambientales que influyen en la bionomia púrida.

REFERENCIAS

(1) Jordan, K., y Rothschild, N. C.: *Ectoparasite*, 1:(Part 5), 320-370, 1923.
 (2) Eskey, C. R.: *Pub. Health Rep.*, 47:2191, 1932.
 (3) Ramos Díaz, A., En: Moll, A., y O'Leary, S. B.: *Plague in the Americas*, Pub. N° 225, Oficina Sanitaria Panamericana, Washington, D. C., 1945 (Nota 502, al pie de la página 167).
 (4) Macchiavello, A.: *Science*, 104:522, 1946.
 (5) Eskey, C. R., y Haas, V. H.: *Pub. Health Rep.*, 54:1467, 1939.
 (6) Wheeler, C. M., y Douglas, J. R.: *Proc. Soc. Exp. Med. & Biol., N. Y.*, 47:65, 1941.
 (7) Wheeler, C. M., y Douglas, J. R.: *Jour. Inf. Dis.*, 77:1, 1945.
 (8) Eskey, C. R., y Haas, V. H.: *Pub. Health Bull.*, No. 254, United States Public Health Service, Government Printing Office, Washington, D. C., 1940.
 (9) Macchiavello, A.: *Bol. Of. San. Pan.*, 48(3): 225, 1957.

(10) Macchiavello, A.: En: World Hlth. Org., *Expert Committee on Plague, Report on the First Session*, Techn. Rep. Ser., 1950, 11; Appendix 1, page 24.
 (11) Macchiavello, A.: En: *Sexta Conferencia Panamericana de Directores Nacionales de Sanidad*, Pub. No. 243, Oficina Sanitaria Panamericana, Washington, D. C., 1950, págs. 111-122.
 (12) Macchiavello, A.: *Contribuciones al estudio de la peste bubónica en el Nordeste del Brasil*, Pub. No. 165, Oficina Sanitaria Panamericana, Washington, D. C., 1941.
 (13) Macchiavello, A.: *Bol. Of. San. Pan.*, 20:441, 1941.
 (14) Macchiavello, A.: *Pub. Health Rep.*, 56:1657, 1941.
 (15) Macchiavello, A.: *Bol. Of. San. Pan.*, 26:982, 1947.
 (16) Macchiavello, A.: *Actas de la Décimasegunda Conferencia Sanitaria Panamericana*, Caracas, 1947; Pub. No. 241, Oficina Sanitaria Panamericana, Washington, D. C., 1949, pág. 523.
 (17) Macchiavello, A.: *Bol. Of. San. Pan.*, 43(1): 19, 1957.
 (18) Macchiavello, A.: *Jour. Trop. Med. & Hyg.*, 47:(Part in each issue), 1954.

STUDIES ON SYLVATIC PLAGUE IN SOUTH AMERICA
 IV. EXPERIMENTAL TRANSMISSION OF PLAGUE
 BY *POLYGENIS LITARGUS* (Summary)

The *P. litargus* flea, described in 1923 by Jordan and Rothschild with respect to Ecuador and Peru, is distributed over a wide geographic range (at least from Ecuador to Trujillo, Peru, and from the coast to the Andean Sierra, at altitudes of 3,000 meters or slightly over), and it is also widespread zoologically, being found on the *Sigmodon*, *Oryzomys*, *Rhipidomys*, *Sciurus*, etc., at times as the sole species and at others as a secondary species. Apparently it is an ectoparasite peculiar to the cricetine rodents, especially the *Sigmodon*.

Experimentally, *P. litargus* transmits plague to the *Sigmodon*, *Cavia*, and *Rattus*; its vector potential of plague on the above rodents is variable and it seems to favor the natural host (*Sigmodon*). The transmission mechanism is the same as that described for other species, particularly sylvatic fleas. This species is strongly resistant to environmental conditions, is long-lived, and feeds easily on different hosts. On plague-infected animals, it contracts the infection in variable propor-

tion, depending on the degree of pesticemia; the extrinsic incubation period is variable—it can be 5 days but is frequently longer. "Blockage" kills the fleas in 3 to 6 days; "purification" and "unblocking" are phenomena observed in infected and infective samples, perhaps in a higher proportion than in other species; the average period of survival was not determined in the laboratory, but in nature the species survives more than 6 months without food. Many factors connected with transmission may depend on conditions of the host or of the environment, though such factors have not been definitively established.

The laboratory observations agree with the epidemiological findings in the rural plague area of Trujillo and in the sylvatic plague areas of Lancones and Huancabamba. However, the behavior of *P. litargus* with respect to *Sigmodon peruanus* does not always coincide with observations made in the border area of northern Peru, possibly owing to environmental factors that affect the ecology of the flea.