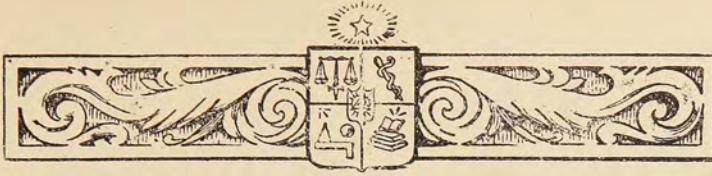


**OBSERVACIONES Y EXPERIMENTOS
CON ANIMALES CHILENOS**

POR

DR. WILHELM GOETSCH W.

Jefe del Departamento Ciencias Naturales y Química
del Instituto Pedagógico



OBSERVACIONES Y EXPERIMENTOS CON ANIMALES CHILENOS

Medios de comunicación entre los socios y división del trabajo en los nidos de las hormigas

TOMANDO en cuenta los complicados instintos de alimentación que presentan las hormigas, como por ejemplo, la crianza de animales, efectuada por las hormigas de la Familia «formacidas», o el cultivo de hongos que practican los géneros «Atta», fácilmente podría incurrirse en el error de atribuirles caracteres humanos por estas observaciones. A este peligro tampoco se han escapado las hormigas recolectoras de granos (especialmente las del género *Messor*). En los países secos subtropicales de Europa, Africa, y América del Sur, que representan la patria de muchas especies, puede observarse por todos lados la actividad de estos animales, pues se les vé frecuentemente transpor-

tar toda clase de semillas desde lejos a sus nidos subterráneos. Las entradas al nido son pequeñas aberturas, que en primer término desembocan en cámaras superficiales, pero que luego se profundizan bastante. En días húmedos se encuentran alrededor de estas aberturas sollevamientos de tierra en forma de cráter, que el viento se encarga de borrar apenas empieza la sequía. En esos tiempos se reconoce la presencia de los nidos únicamente por los grandes montones de cáscaras de semillas y residuos de granos, etc., que hacen recordar quizás el aspecto de las construcciones de las formicidas, pero que, en realidad, no son otra cosa que verdaderos resumideros. Además, se encuentran ahí frecuentemente semillas enteras (sobre todo en días húmedos) y, en casos más raros, masas grumosas características. Estos descubrimientos hicieron pensar en la existencia de instintos complicados, esteriorizados durante el aprovechamiento de los granos. La mayoría de los autores era de opinión que las hormigas hacían brotar artificialmente sus granos para secarlos en seguida. Habrían, así, empleado un verdadero proceso de maltaje para producir la transformación del almidón en azúcar, cuerpo tan apetecido por toda especie de hormigas. El botánico Neger (4) que sometió estas masas grumosas a un examen más escrupuloso, llegó a suponer, que los granos eran transformados por una masticación previa en una masa ligosa, encargándose a continuación un hongo de la fermentación y sacrificación de ella. Otros investigadores suponen procedimientos menos complicados (Emery, Escherich 1), Doflein 2),

Eidmann 3); pero también ellos sólo se basan en suposiciones, pues hasta hoy día nadie ha podido constatar el aprovechamiento directo de los granos.

Apenas conocí en Dalmacia el *Messor structor* (1926), pensé en ocuparme de esta cuestión, para tratar de esclarecerla. Tuve oportunidad de observar aún esta misma especie en Italia y España, y además traje conmigo *Messor minor* de Isschia y *Messor instabilis* var. *bouvieri* de Mallorca (Balears). (7 a-e).

En los alrededores de Santiago de Chile encontré géneros muy semejantes, que viven de la misma manera. Pude observar estos animalitos en la planicie entre San Antonio y Valparaíso, en la cual trasportaban los granos en largas caravanas, y además en el cerro San Cristóbal; aquí encontré también machos y hembras en cópula (Junio 1929). No me ha sido posible, hasta ahora clasificar exactamente las especies por faltar la literatura sobre estos tipos. Claudio Gay describe esta especie; sin embargo encontró una sola obrera. Con el nombre «*Atta bispinada*» se designaba en ese tiempo el género que hoy día se ha cambiado por el de «*Messor*». Quisiera denominarla por eso, hasta una nueva clasificación con el nombre «*Messor bispinadus Chilensis*».

Además han servido para mis experiencias, colonias de una especie pequeña, que, según mis observaciones se hallan con frecuencia en la región media del país. Estudié esta especie, al parecer del género *Aphaenogaster* («*Aphaenogaster Santiaguensis*» hasta la clasificación definitiva) en

mis excursiones hasta Llolleo, Algarrobo, Zapallar, Viña del Mar; pude experimentar con ellas en la playa de Coquimbo (Serena, Pampilla), y en Tres Cruces y Punta Colorada (cerca de ValLENAR). Una gran colonia, con muchas hembras fecundadas (o reinas) que se hallan en mi jardín en Santiago, me servía para mis observaciones y numerosos experimentos en condiciones naturales. Los velos nupciales y la fundación de nuevos nidos se pudo observar en los alrededores del río Maule (Diciembre 1929 y Enero 1930). En las regiones más al sur *Aphaenogaster Santiaguensis* desaparece poco a poco.

Las investigaciones fueron hechas, tanto bajo las condiciones naturales, como también en nidos artificiales. Para poder estudiar las hormigas con más detención en su actividad sea en la naturaleza, sea en el laboratorio, es necesario marcarlas, para evitar que el individuo por separado se pierda entre la masa tumultuosa del conjunto. Es posible establecer una especie de numeración de los distintos individuos, marcándoles ligeramente la cabeza y el abdomen con diferentes soluciones colorantes, cuyo componente principal es la goma laca. El color se conserva sobre el animal durante meses y nos capacita así para perseguirlo en todos sus caminos. (Comparación Fig. 4).

En los cultivos es más fácil observar la actividad de estos animalitos, sin molestarlos en nada. Para hacer nidos artificiales, lo mejor es emplear pequeños bloques de yeso, en que se escavan corredores y cámaras. Sobre estos bloques se colocan planchas de vidrio, que en cada momento permiten

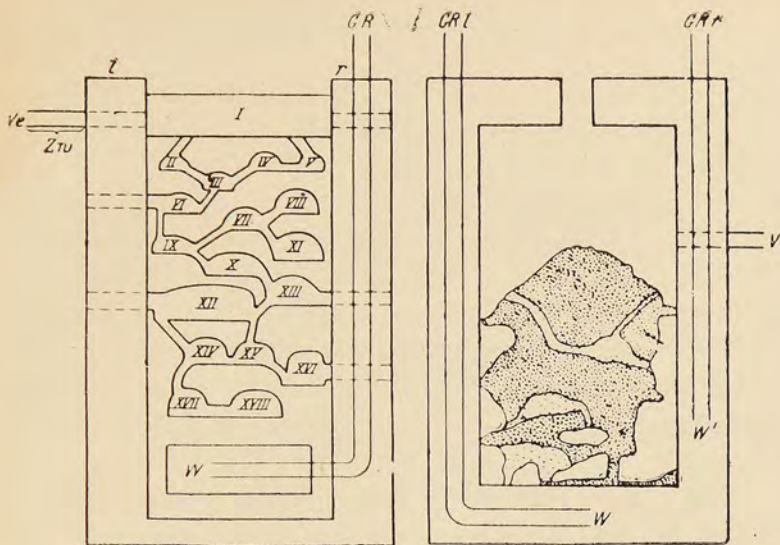


Fig. 1

Fig. 2

Figura 1: Esquema del nido vertical que se emplea: I: Antecámara formada por ambas flechas de yeso hacia la derecha (r) e izquierda (l) y por las dos placas de vidrio que cubren el nido por delante o por detrás. El nido queda curado en la parte superior por un marco cubierto de una gasa. II-XVIII: Cámaras-nidos. GR: tubo de vidrio que recorre el lado interno de la flecha de yeso derecho y que termina en la cámara de agua W. Zw: tubo de vidrio al cual se puede agregar un depósito con alimento, etc. (Ve). Las cámaras-nidos inferiores son las más húmedas, al igual que en la Naturaleza.

Figura 2: Marco de yeso vertical para construcciones de tierra. Hacia izquierda y derecha acompañan dos tubos de vidrio GKr y GKl. El tubo derecho GKr permite ser movido en un trecho (\pm) largo, que permite humedecer el nido en su parte inferior o en su parte superior. V: tubo de vidrio para injustar un comedero etc. W. y W': término de los tubos conductores de agua. En el interior se ha indicado la actividad constructiva de 12 obreras del género *Messor* durante un mes.

un control exacto. Me servían para mis observaciones dos tipos de nidos artificiales: horizontales y verticales.

Los nidos horizontales consistían en tres departamentos y una cañería, para mojarlos. Para evitar que no se escapara ninguna hormiga, puse dobles seguros. Cada departamento del nido estaba cubierto con un vidrio especial (Portaobjeto); de esta manera era posible sacar granos de cualquier departamento, etc. El nido entero se cubrió además con otro vidrio más grande. (Fig. 3).

Los nidos verticales correspondían más o menos a los que describió Eidmann 2b); pero con algunas modificaciones. Primero puse la cañería que se puede ver en los nidos de Eidmann al lado exterior en forma de dos tubos de vidrio torcidos, al lado *interior* de los listones de yeso laterales, lo que dió más firmeza. Esta última era necesaria, porque no puse tapa; la cerradura superior consistió en un vidrio con una abertura en el medio, que estaba cerrada con telas finas. De esta manera el departamento superior I recibió mucha luz y aire. Además la ventilación se mejoró con ello y se ofreció la posibilidad de sacar con más facilidad las hormigas y de marcarlos. (Fig. 1).

Los demás nidos verticales se hicieron sin departamentos, para poder observar su modo de hacer nidos; eran simples listones de yeso. (Fig. 2).

La aclimatación se realizó sin dificultad. Puestas en sus nidos las hormigas comenzaron a limpiarse; sobre todo limpiaron la punta del abdomen. Los individuos se ayudaron en ello, uno a otro mutuamente.

En condiciones favorables de humedad, de calor, etc., las hormigas se conservan durante muchos años en estos nidos, de los cuales se pueden hacer salir a una especie de «arena», es decir un cajoncito cubierto de vidrio o un otro espacio limitado, del cual no puedan escapar. Si los animalitos es-

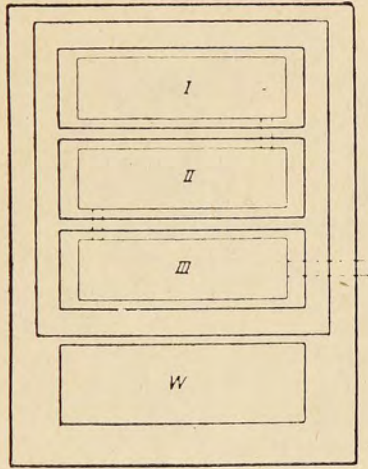


Figura 3: Nido de yeso horizontal. Cada cámara (I-III) queda cerrada por un cubre-objeto; el todo recubierto por una placa de vidrio. W: Cámara de agua que deja para poco a poco la humedad hacia las cámaras-nidos.

tán lo suficientemente acostumbrados a su vivienda artificial, es hasta posible dejarlos en completa libertad. El hecho de que mis hormigas volvieran siempre de esos paseos aún más prolongados a sus nidos artificiales, me demostró positivamente que ellos eran de su agrado.

Empleando estos métodos, pude observar con la mayor tranquilidad el ciclo vital de mis hormigas y quisiera exponer aquí algunas observaciones notables, sobre la comunicación de los socios entre sí y sobre la división de los trabajos.

Tomemos como guía el aprovechamiento de los granos en el sentido más amplio de la palabra.



Figura 4: Modo de marcar. Mancha blanca sobre la cabeza N.º 1; roja N.º 2; orange N.º 3; amarilla N.º 4; verde N.º 5. Las mismas manchas sobre el abdomen resp. 6, 7, 8, 9 y 0. Combinaciones p. ej.: 29 (cabeza roja, abdomen amarillo); 36 (cabeza orange, abdomen blanco); 40 (cabeza amarilla, abdomen verde), etc.

Una obrera de mis hormigas, que sale en busca de alimentos en un territorio desconocido, se comporta de una manera bien típica.

Efectúa en primer lugar una pequeña excursión de orientación en las inmediaciones del nido, al cual vuelve en seguida. La segunda exploración alcanza dimensiones ya mayores, y la tercera y cuarta llevan al individuo a distancias más considerables. Después de cada salida vuelve al nido (Fig. 5). Cuando el animal se ha familiarizado con los lugares que circundan al nido, se atreve a veces a explorar terreno desconocido, apenas llega

a un sitio recorrido con anterioridad. Tarde o temprano ha de encontrar naturalmente la hormiga en estos viajes de investigación algo adecuado para su alimentación—como ser un montoncito de granos o una espiga de gramíneas. Inmediatamente comienza el animal a transportar estas sustancias al nido. En un principio el camino de vuel-

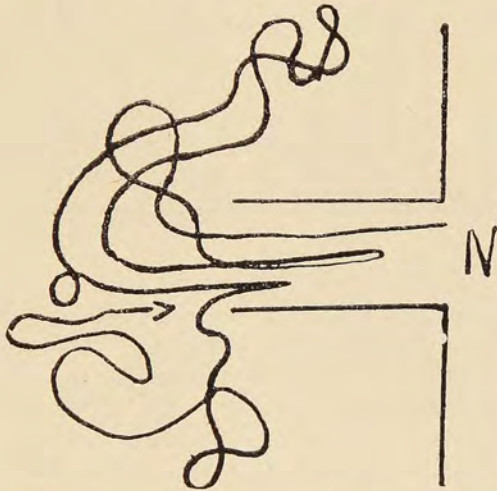


Figura 5: Exploraciones de una obrera, saliendo del nido artificial al exterior directamente. El animal entra y vuelve tres veces hasta la entrada del nido.

ta al nido es muy sinuoso. Frecuentemente el animal deja el alimento y vuelve a su trabajo de orientación, hasta llegar a un terreno conocido, desde el cual la vuelta al nido ya no ofrece dificultad alguna. Después de haber depositado el alimento en el nido, el animal generalmente vuelve a salir, y en su actitud nerviosa puede conocerse que se dirige en busca de la fuente de alimento encontrada an-

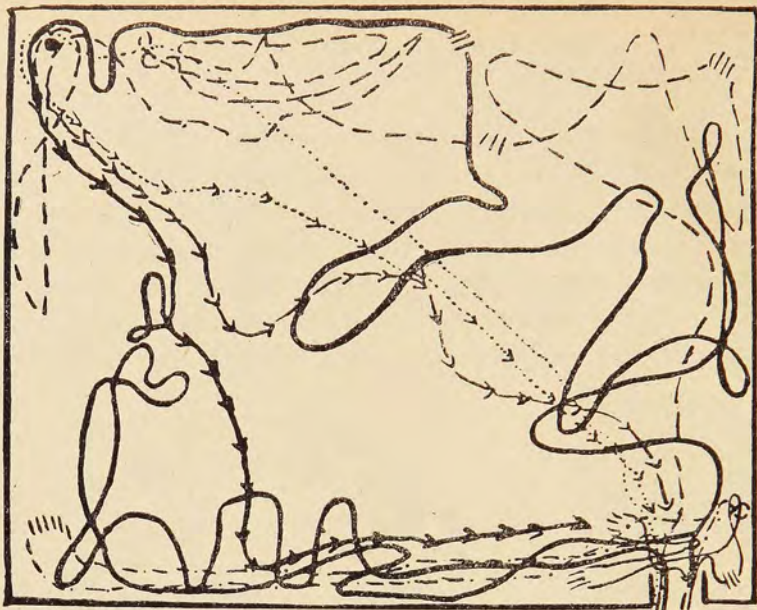


Fig. 6 a

Figura 6 a y 6 b: Las cinco primeras salidas de orientación de una obrera de la especie *Messor* desde el nido artificial a una «arena», es decir, un cajoncito cubierto de vidrio. El punto negro, que se ve en la esquina superior izquierda, representa los granos. Los achurados sobre los caminos indican los sitios en los cuales el animal se detuvo para orientarse. El camino de regreso está marcado por flechas. En la primera salida sólo se reconoció el terreno alrededor de la puerta de entrada, indicado por una débil línea negra; hubo orientaciones repetidas. La segunda salida sólo condujo a lo largo del margen interno; está indicada por una línea de puntos y rayas. En la tercera salida, marcada por una línea negra gruesa, el animal explora el terreno, volviendo una vez al punto de partida; en la exploración siguiente descubre los granos. Cuarta exploración (línea entrecortada), aún se notan muchas sinuosidades en el camino hasta que los granos se vuelvan a encontrar; el tiempo empleado es aproximadamente de tres minutos. En la quinta salida (línea de puntos) el camino de ida y vuelta es casi directo. Tiempo empleado: un minuto. Sigue hasta la décima salida. Sólo en el sexto viaje los granos no se encontraron inmediatamente.

teriormente. Después de algunas tentativas erróneas el animal vuelve a encontrar el alimento, toma un segundo grano y lo lleva al nido. Esta segunda vuelta al nido es ya más segura, y por último los caminos hacia el alimento y de vuelta al nido se acortan tanto, que se establece una comu-

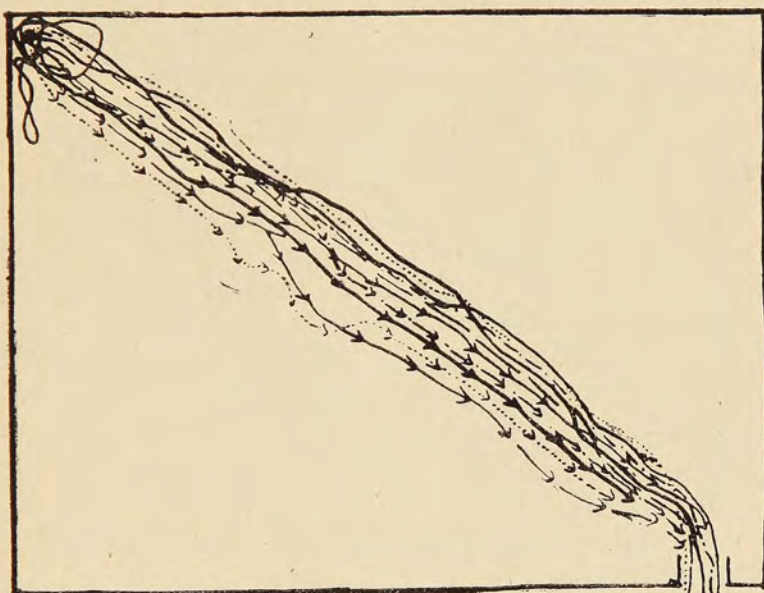


Fig. 6 b

nicación directa entre ambos puntos. (Fig. 6 a y 6 b).

El fervor para el trabajo, que va apoderándose cada vez más de la hormiga colectora, la hace impaciente, de modo que ya no lleva los granos al interior del nido, depositándolos a la entrada de él, y, más tarde, aún en lugares más distantes, que ella considera adecuados.

Los depósitos de granos que resultan así facilitan enormemente a los demás individuos el descubrimiento de la fuente de alimentos: una segunda o tercera hormiga, que se encuentra en vías de orientación en las cercanías del nido, no tarda en chocar con uno de estos depósitos de granos y se dedica inmediatamente a guardarlos. Cuando ya el último grano ha sido puesto en seguridad, la hormiga emprende nuevos viajes de exploración, partiendo del punto anterior, ya conocido para ella; naturalmente, después de cierto tiempo, volverá a chocar con un segundo depósito y así sucesivamente. Tomando en cuenta el gigantesco número de los habitantes del nido, se explica el hecho, de que pronto se forme una vía de tránsito continuo, que llega a comunicar en líneas bastante rectas al nido con sitios considerablemente alejados de él, fuentes de nuevos alimentos.

Debemos suponer que, tratándose de caminos tan extensos, no es posible que la hormiga memorice todos los detalles de él. Pude demostrar, en efecto, en mis observaciones con animales marcados, que ciertos detalles sobresalientes del camino hacen las veces de puntos de orientación. Así por ejemplo, uno de los animales se dirigía siempre, tanto en sus caminos de ida como en los de vuelta, directamente hacia un montoncito de pasto, y llegando allí, cambiaba de dirección. En los nidos de experimentación pude observar aún mejor esta consideración de ciertos puntos del terreno como medios de orientación. Si colocaba un obstáculo entre el nido y el montoncito de granos, cada animal pasaba por el obstáculo todas las veces en la

misma forma. Por ejemplo, en un determinado experimento la hormiga N.º 8, en el transcurso de una hora, llegando al obstáculo se desvió a la izquierda las veintitrés veces que hizo el camino, mientras que la hormiga N.º 26 pasó quince veces tomando la derecha. Cada hormiga hizo el cami-

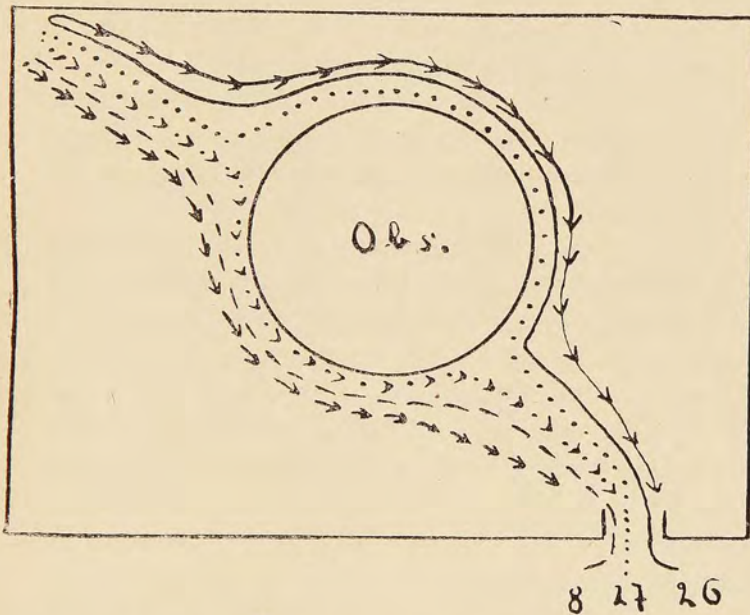


Figura 7: Caminos alrededor de un obstáculo: Obrera 8 rodeó 23 veces el obstáculo por la izquierda, obrera 26 pasó 18 veces por la derecha; en el caso de la obrera 27, el camino de ida era distinto al del de regreso (15 veces).

no exactamente en la misma forma como lo había hecho desde el principio; también la N.º 27, que toma diversas direcciones ida y vuelta. (Comparación figura 7). En otro experimento un de-

terminado animal se guiaba en todos sus caminos por los límites de la sombra que proyectaba el nido de experimentación, hasta llegar a un determinado punto, desde el cual, describiendo un ángulo, se dirigía hacia los granos.

Este último ejemplo demuestra la importancia que tiene la luz como factor de orientación (Brun (9)). En los caminos planos y sin sinuosidades, en que no existen otros puntos destacados de orientación, todas las hormigas indudablemente se guían por la posición del sol; en los nidos de experimentación pude demostrar esto con mucho éxito. Si giramos un depósito de vidrio que contiene alimentos, y en que hay una hormiga que ha ido allí desde su nido, el animal empezará a buscar la salida en aquel punto que coincide con la antigua entrada de la luz. Si tomamos hormigas, que se encuentran en el camino de vuelta al nido y las colocamos a cierta distancia del camino que estaban recorriendo, veremos que pronto seguirán por una vía paralela a la primera. También en la naturaleza misma, o sea, en aquellos casos, en que los animales gozan de una libertad absoluta, estos se desorientan por completo, si repentinamente se intercepta la fuente de la luz. Así por ejemplo un auto grande que se detuvo en Mallorca sobre una de las vías más frecuentadas por las hormigas, produjo el pánico más grande entre estos animalitos.

En los casos normales, y por lo tanto en los más abundantes, la tarea que el animal debe solucionar no presenta tantas dificultades como en los casos que acabamos de ver. El animal seguramente ya conocerá las inmediaciones del nido al salir en

busca de alimentos, y en estos casos pueden reconocer por lo pronto también los caminos orientadores que cruzan; vuelven por el camino más directo al nido, y en este camino de vuelta los animales a veces deben vencer considerables dificultades (Comparación Figs. 8 y 9). Así, por ejemplo, en Ischia una obrera, a quien dí una miga de pan, pasó con ella por encima de una muralla de un metro setenta de alto ante de llegar al nido. (Goëtsch 7 f.). Este esfuerzo debe considerarse muy superior al necesario para salvar grandes distancias, como las observadas en Mallorca, donde he visto caminos de hormigas de veinticinco metros de largo, y ésto tanto más, cuanto que el animal estaba en este caso completamente sólo en su marcha. En cambio en los trayectos largos, pero planos, un animal considerado individualmente puede orientarse por sus congéneres y sólo necesita seguir la corriente general.

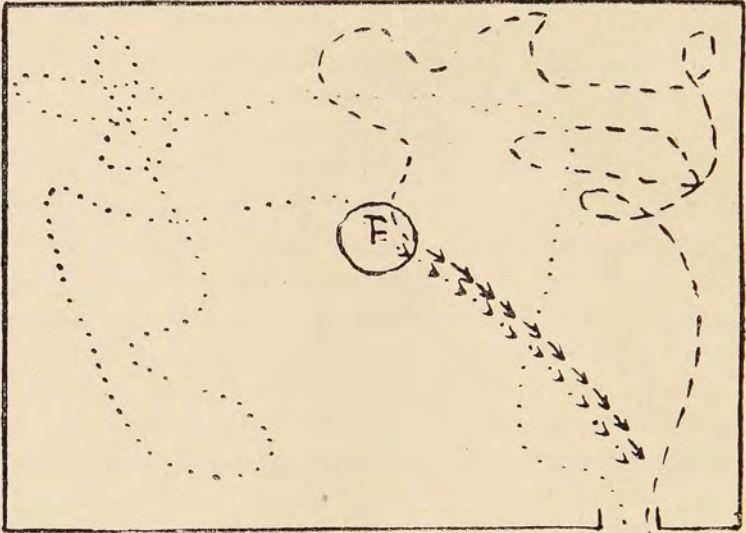
Esto nos induce a considerar algo más de cerca al animal aislado durante el trabajo colectivo.

Ya hemos visto un tal trabajo colectivo al hablar de los depósitos de granos, que facilitan a los animales que salen posteriormente, el descubrimiento de las fuentes de alimentos. A esto se agregó en segundo orden el uso de determinados signos de alarma, que reúne a los animales a una actividad colectiva.

Como es sabido, ha conducido el estudio de estas señales de alarma a formar una especie de «enciclopedia» del lenguaje de las abejas (Frisch 5); un servicio de señalización parecido se encontró al

observar las especies *Messor*, recolectoras de granos.

Así por ejemplo, se excita un animal que ha lo-



16. 38

Fig. 8

Figura 8 y 9: Caminos de las hormigas por un terreno conocido, es decir, en una «arena» comunicada permanentemente con el nido. Los animales 16 y 38 (línea de punto y raya) no alarmados, se hallan sobre rutas de orientación y de búsqueda y finalmente encuentran alimento en el centro (Fig. 8). Los demás caminos conducen inmediatamente al alimento (Fig. 9). Animal 50 sale alarmado del nido: se ven en Fig 9 los caminos irregulares, recorridos durante la alarma, hasta el hallazgo del alimento que es trasportado al nido por camino recto.

grado descubrir alimentos; la excitación contagia inmediatamente a los animales desocupados, sobre todo porque la obrera recolectora hace por su par-

te cuanto puede para difundir esta agitación. Ella toca vivamente con el grano que transporta, a todas las compañeras que encuentra en su trayecto, caminando, además, de una manera muy curiosa; al mismo tiempo mueve el abdomen en una forma especial de un lado a otro.

El efecto de tal actitud es sorprendente; pues si

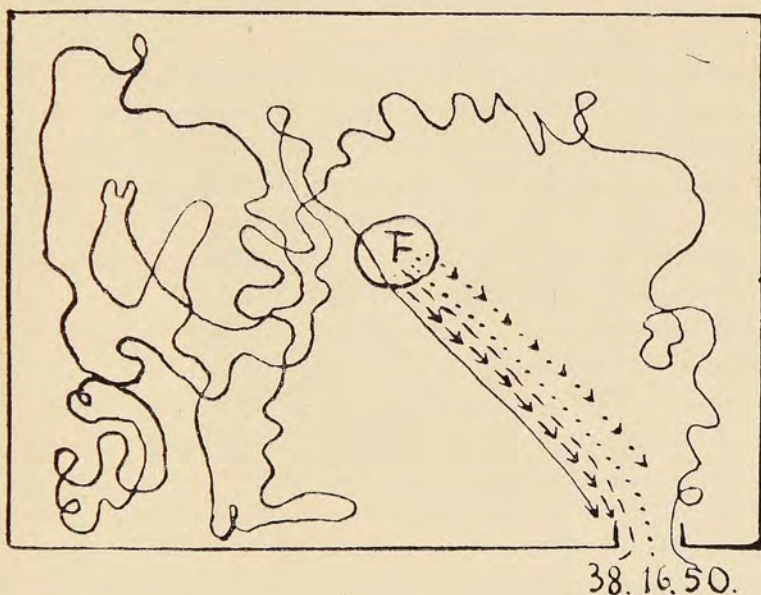


Fig. 9

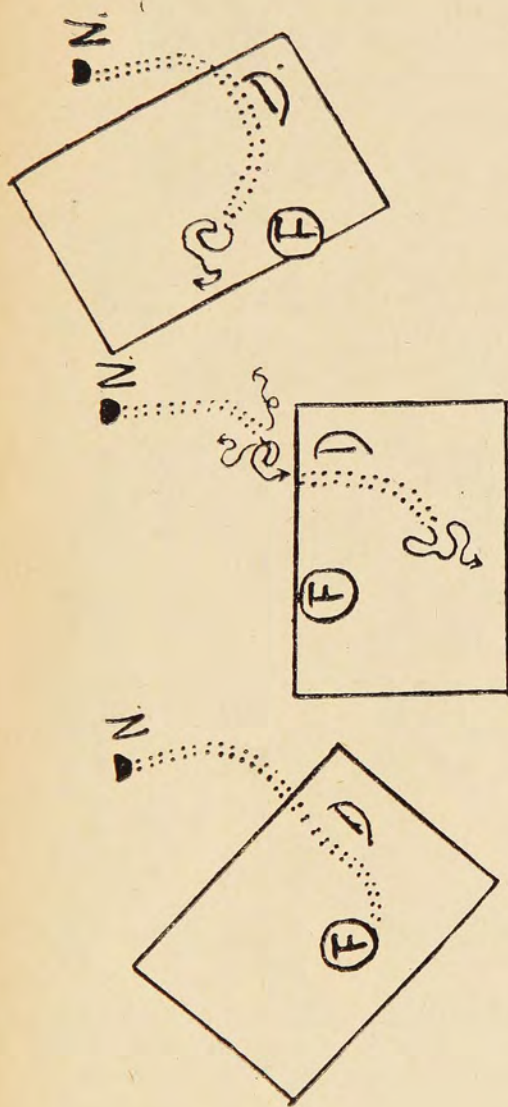
el animal tocado no está empeñado aún en una actividad que satisfaga por completo su afán de trabajo, empieza a su vez a ejecutar los pasos característicos, con lo que consigue propagar cada vez más la excitación. Todos los individuos alarmados de esta manera salen entonces del nido y empiezan a buscar por su parte. Pero no hay que creer que vayan a seguir a la hormiga que ha originado

la alarma, o se guíen por su rastro; sólo se incitan a emprender por su propia cuenta marcha de orientación. Estas exploraciones deben hacerlas los animales aún en caminos recorridos ya muchas veces, a no ser de encontrarse con una caravana de obreras en actividad, a la cual se incorporan en este caso.

A pesar que muchos animales salen en direcciones erradas, sin encontrar por lo tanto el alimento, se encuentran, aún en los nidos pequeños de experimentación, al poco tiempo gran cantidad de recolectoras en actividad. Si la alarma se produce en un nido, cuyos alrededores ya son conocidos por excursiones anteriores de exploración, el acarreo de los granos se hace inmediatamente por el camino más corto. (Comparación Fig. 9).

En mis hormigas santiaguinas (*Aphaenogaster*) pude observar un fenómeno, que facilita aún más el descubrimiento de los alimentos anunciados por la alarma. La primera hormiga que ha encontrado el depósito, toca el suelo en su trayecto de vuelta en intervalos regulares con el extremo de su abdomen. Como durante este proceso entran en actividad las glándulas abdominales, secretando un líquido especial, queda así marcado un verdadero sendero que facilita mucho la tarea de los demás animales alarmados. Siguen esta ruta y se asemejan a los perros que olfatean los rastros de los animales de caza, pero sin dejar por ello a un lado su propio instinto de orientación..

Pude demostrar la existencia de una de estas rutas, marcada por la hormiga descubridora, con



A B C

Fig. 10: A) Rastro artificial sobre dos hojas de papel desde la entrada al nido N hacia la fuente de alimentos F; la hoja de papel menor puede girarse alrededor de D.
 B) Se ha girado el papel; el rastro está interrumpido parcialmente. Partiendo del punto de interrupción, las hormigas siguen buscando con vueltas típicas. Los individuos que vuelven a encontrar el rastro, lo siguen hasta el final; pero se desvían con esto del alimento.
 C) La hoja de papel se ha girado de tal suerte que no se ha producido una mayor interrupción del rastro. También en este caso los animales se desvían de los alimentos, aunque éstos hayan permanecido en la misma posición relativa con respecto al nido.

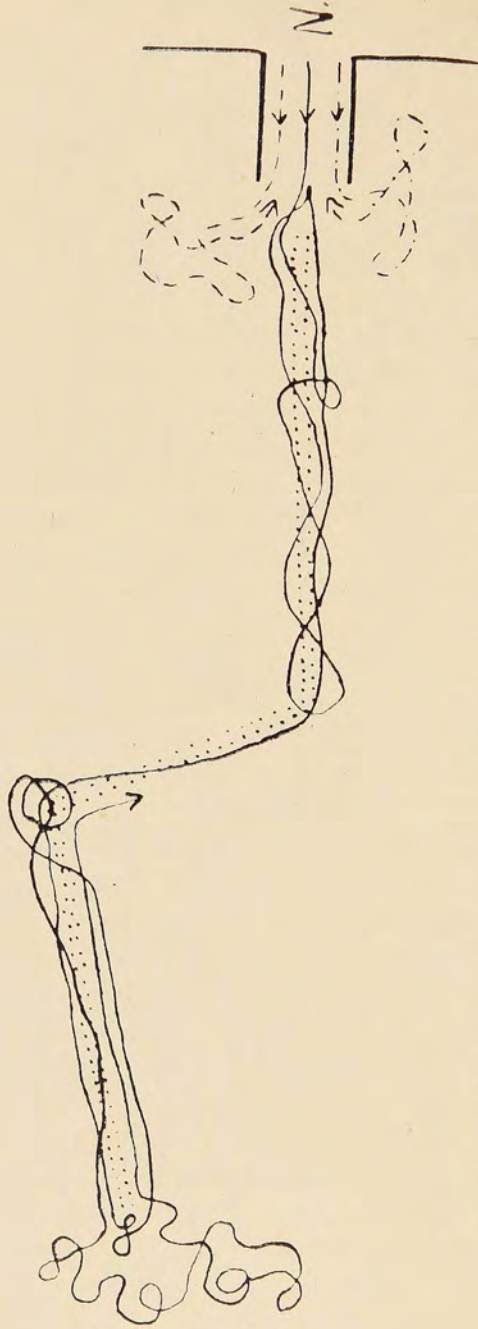


Figura 11: Se ha marcado un rastro artificial sobre una hoja de papel desde el nido N (línea de puntos doble). De las hormigas que salen, la primera (línea entrecortada) no llega al rastro y vuelve al nido. La segunda (línea continua) llega al rastro artificial, el que sigue en un trecho, para volver en seguida al nido. Llegando a él se devuelve; sigue nuevamente el rastro, pero esta vez hasta su final; allí ejecuta los clásicos movimientos de búsqueda, para en seguida volver por el rastro al nido.

El animal N.º 3 (línea de puntos y rayas) se comporta como el primero. (Por razones técnicas hubo necesidad de dibujar parcialmente el camino del animal N.º 2 al lado del rastro).

una cantidad de experimentos interesantes. Coloqué entre el nido y el alimento trozos de papel, que los animales debían atravesar. Después de que una hormiga había marcado el camino, giraba el

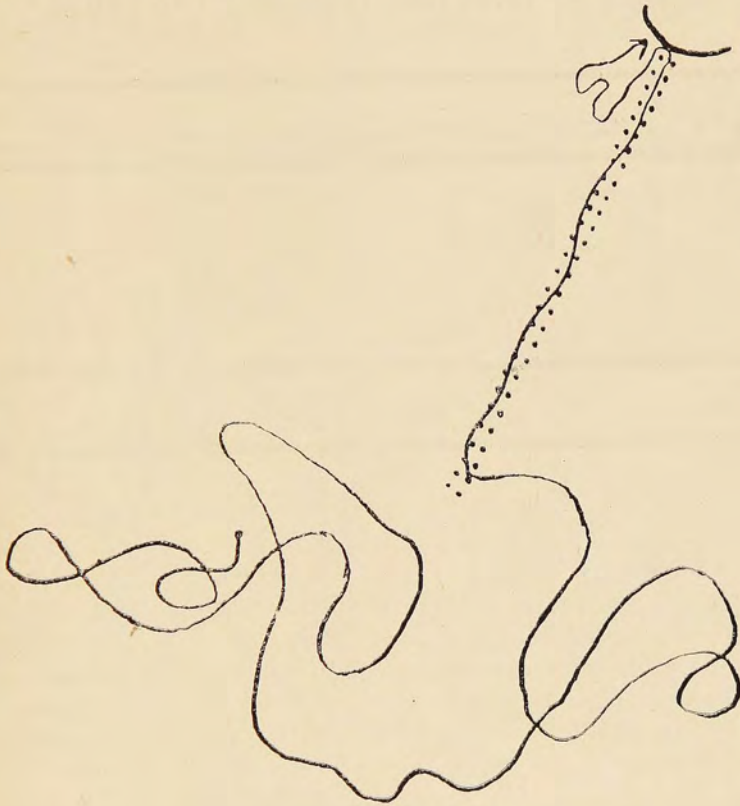


Figura 12: Con la secreción de las glándulas abdominales se ha hecho sobre un pedazo de papel una especie de sendero que guía hacia el nido. En un punto se colocó un animal del mismo nido. Primero este animal efectuó varios ensayos de orientación hasta alcanzar el rastro antes mencionado por el cual siguió hasta llegar al nido.

papel en cierto ángulo, lo que tuvo por consecuencia, que los animales siguientes no llegaron al alimento, desviándose del camino. Podría compararse esto con una vía férrea, en que las agujas se hubiesen colocado mal. (Comparación figura 10).

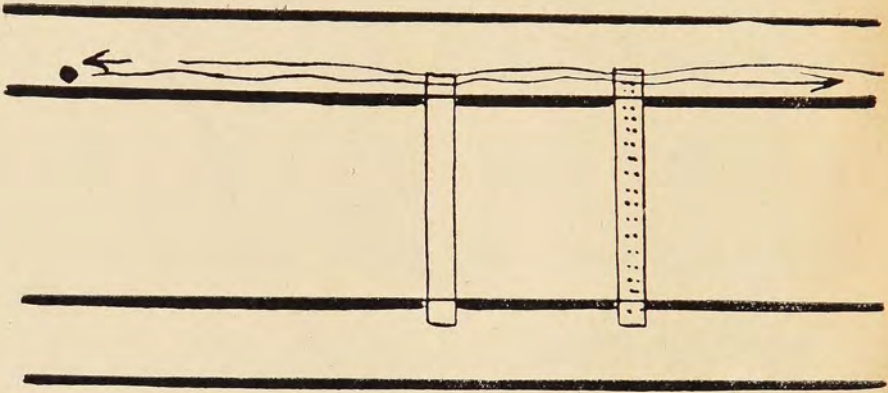


Figura 13: Acequia, en uno de los costados de la cual se observó una larga caravana de *Aphaenogaster*. Se colocaron dos tablitas angostas con alimentos sobre la acequia (de 60 cm. de largo). Una tabla A (indicada con línea de puntos) con un sendero guiador fabricado en el mismo modo que el descrito anteriormente) y otra tabla B sin sendero. Pasada media hora llegaron al alimento 200 a 250 hormigas por la tabla con la secreción mientras que aún después de 6 horas ninguna hormiga habría atravesado la tabla B.

Empleando rastros artificiales conseguí por último también atraer a las hormigas a caminos errados. Para ello marqué un papel con la secreción abdominal de hormigas muertas; de hormigas de la misma especie.

Las hormigas alarmadas, que luego salían del

nido, seguían inmediatamente en todas sus sinuosidades los rastros artificialmente fabricados por mí; si los desviaba de los alimentos, las hormigas *no* llegaban a éstos. Las figuras 11-13 representan experimentos semejantes; la figura 14 un ensayo,

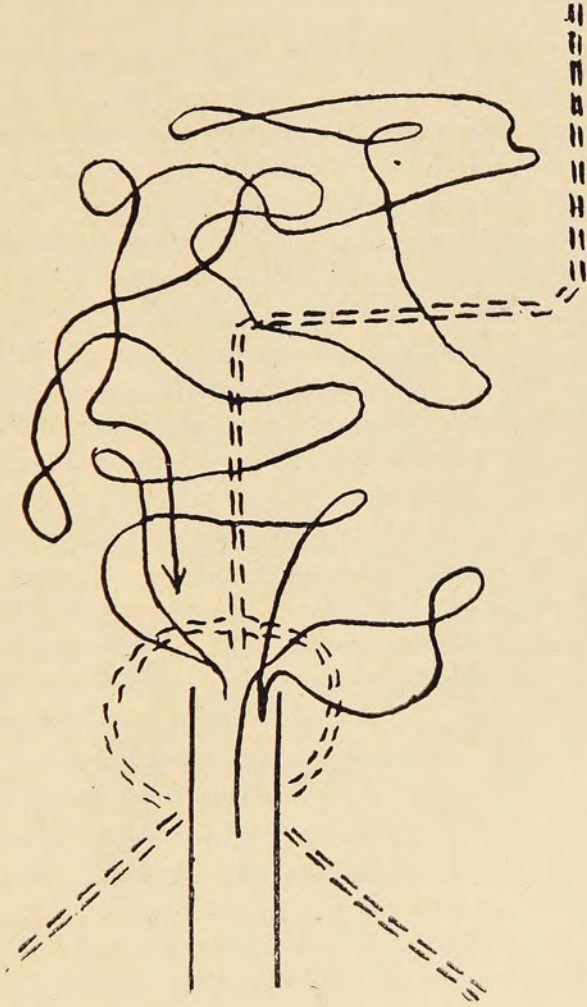


Figura 14: Sobre un papel se han hecho rastros con la sangre de una mosca. Las hormigas no tomaron en cuenta estos senderos.

empleando un rastro marcado con un líquido (sangre) de una *mosca*. Se ve que la hormiga *no* sigue a este rastro. Es decir son solamente las substancias de la misma especie las que le interesan.

Demuestran estos experimentos que las hormigas del género *Aphaenogaster* son más adaptadas a sus trabajos. Corresponde a estas observaciones la biología de mis hormigas santiaguinas. Prefieren la obscuridad, y viven bajo plantas, etc., mientras que los ejemplares del género *Messor* prefieren regiones soleadas y secas. Claro es, que en la obscuridad rastros guiadores de las glándulas abdominales desempeñan un papel inminente por faltar la luz como factor de orientación.

Fuera de esta alarma, que permite una explotación rápida del depósito de alimento, existe otra que indica «peligro». En este caso el animal corre agitado, con sus mandíbulas abiertas, describiendo líneas espirales, contagiando con su actitud a todos los animales que encuentra. De esta agitación participan aún los animales ocupados en otros quehaceres. Pero dependen de nuevos estímulos las acciones futuras de los alarmados. Si chocan con el enemigo, se disponen a atacarlo. Si van en una dirección contraria, tal vez comienzan a salvar las larvas y los granos, es decir, los transportan a otros sitios. Si la alarma no dura un tiempo apreciable y no es dada por un gran número de animales, la excitación decae rápidamente y cada animal reemprende su labor abandonada.

Todas las observaciones que hemos podido hacer acerca de los medios de comunicación empleados

en un nido de hormigas, demuestran que sólo se transmiten estados de excitación. De manera que nunca hay aviso directo sobre determinados procesos. La actuación de las hormigas después de producida la agitación depende de nuevos estímulos. En ningún caso el individuo por separado sabe de lo que se trata cuando, bajo la influencia de una excitación, comienza un nuevo trabajo; sólo está contagiado por la agitación general, reaccionando sí, en este caso, más rápida y enérgicamente a los nuevos estímulos.

Basta, sin embargo, el método de alarma aquí indicado para efectuar en forma adecuada las exigencias en el nido *Messor*. En caso de peligro se insinúa el salvataje de los tesoros acumulados en el nido (como ser larvas y granos); si se trata del descubrimiento de un nuevo depósito de alimentos, la alarma servirá para iniciar su acarreo. No puede decirse precisamente que esta manera de comunicación sea racional, pues es la casualidad la que decide si se emprende o no el trabajo que exige el momento. Dado el enorme número de habitantes del nido, no importa gran cosa este despilfarro de actividad, pues así es muy probable, que de todas maneras se cumpla con las necesidades de mayor urgencia. Otra ventaja que puede aportar este método de alarma es, que los animales excitados lleguen a regiones aún desconocidas, pudiendo encontrarse con nuevas fuentes de alimentos.

Debemos preguntarnos ahora, si cada individuo es capaz de ejecutar cualquier trabajo. Las especies *Messor* y *Aphaenogaster* presentan, lo que se denomina, un polimorfismo incompleto; es decir,

sus obreras tienen formas y tamaños diferentes, pero presentando una especie de graduación, que nos permite establecer con ellas una cadena continua. (Comparación figura 15). La enorme diferencia existente entre los individuos extremos de esta cadena se comprende, al considerar que el cuerpo de la obrera pequeña de *Messor structor* mide 4 milímetros de largo y su cabeza uno de ancho, mientras que los individuos mayores miden ocho milímetros de largo, siendo su cabeza de tres milímetros de ancho. Comparando la longitud del cuerpo y el ancho de la cabeza se ve, que los animales grandes tienen una cabeza relativamente más ancha; mientras que en los chicos la proporción es de ocho a dos, es en los más grandes de ocho a tres. En las otras especies de *Messor* no existe una diferencia tan grande. Las diferencias mínimas se ven en el género *Messor bispinatus*. En *Aphaenogaster Santiaguensis* por el contrario, hay individuos de 2 mm. hasta 4 mm. Sin duda hemos de considerar a estos cabezones como los llamados «soldados», que aparecen en un sinnúmero de especies de hormigas. Sin embargo quisiera evitar esta denominación, para proponer más bien el nombre indiferente de «gigantes», porque, por una parte, ya se ha empleado el primero en caso de polimorfismo discontinuo verdadero, y por otra parte podría asociarse erróneamente este nombre con una función determinada. Pero una tal especificación de la actividad no se ha podido comprobar en estos «gigantes», ya que los encontramos desempeñando cualquier trabajo que se presente en el nido *Messor*. Sin embargo, se ve estos «gigantes», especial-

mente a los servicios fuera del nido. Esto se debe a que los gigantes son menos constantes para el trabajo, cambiando de actividad con mayor frecuencia que los demás trabajadores. Si hacemos el recuento de los caminos de los individuos constructores o recolectores de granos en un nido con habi-

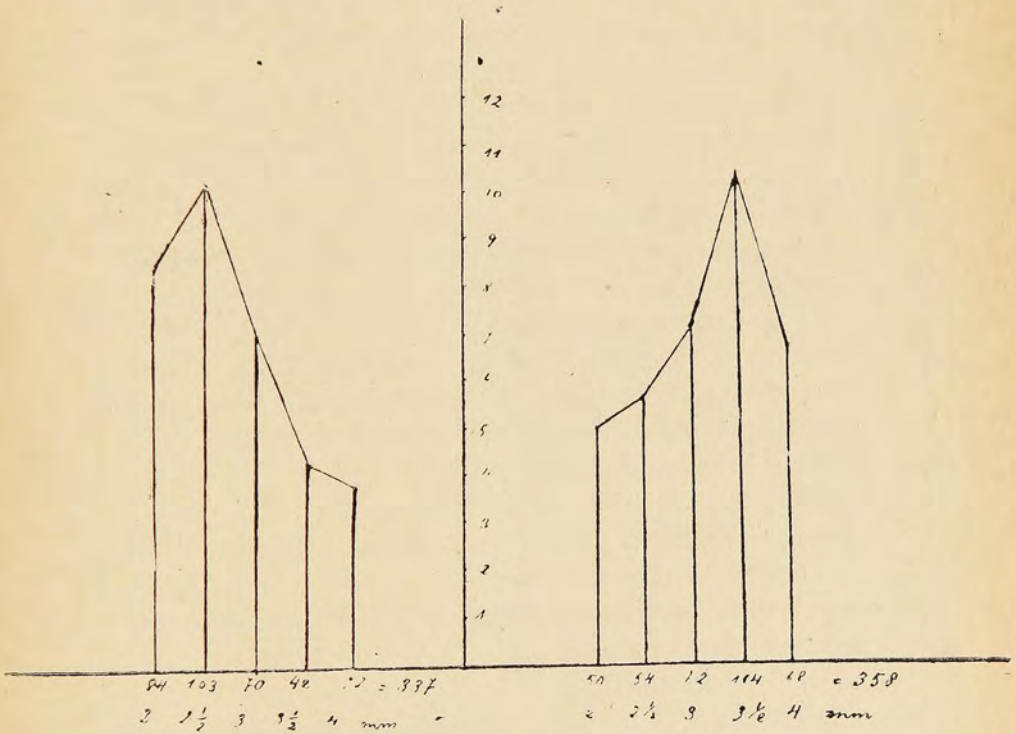


Figura 15: Curvas de Galton, hechas con dos grupos del mismo nido (*Aphaenogaster santiaguensis*). El vértice de la curva está en los 337 trabajadores internos de $2\frac{1}{2}$ cm. y en los 358 trabajadores externos de $3\frac{1}{2}$ cm. Esto quiere decir que en los trabajadores internos se encuentran más ejemplares pequeños, mientras que en el trabajo externo se concentra el mayor número de individuos grandes.

tantes marcados, podemos constatar un gran exceso de trabajo para los individuos que representan el término medio. Durante un experimento (Nido MM) las dos obreras número veintisiete y cincuenta y nueve salieron por todo quinientos cuarenta y siete veces en busca de granos en un tiempo de veinte horas, observándolas durante diez días; mientras que dos gigantes (número siete y treinta y seis) sólo salieron treinta y cuatro veces en el mismo tiempo.

En otro experimento (Nido M M S) pudo constatar el repetido cambio de actividad; así siete gigantes cambiaron diecinueve veces de actividad en diez días, mientras que siete animales pequeños lo hicieron sólo tres veces en el mismo tiempo. De esto se deduce que, al imponer al nido nuevos problemas, los primeros en aparecer serán los gigantes. Así por ejemplo, al abrirse casualmente un día la puerta del nido artificial (M F), sólo escaparon los tres gigantes.

Esta carencia de constancia para el trabajo explica también el hecho que un nido poblado únicamente por gigantes decae, porque el cuidado de las larvas es escaso o nulo, a pesar de encontrar entre ellos con mayor frecuencia que entre los animales chicos individuos que ponen huevos.

Pero aún la excesiva constancia puede llegar a ser contraproducentes: animales, por ejemplo, que sólo se dedican a la construcción, desalojan sin interrupción la tierra del nido, mientras este se mantiene suficientemente húmedo; esta actividad es continua hasta derrumbarse el nido por la completa carencia de tierra. Otra actividad inadecua-

da puede observarse si se reúne una colonia formada exclusivamente por ejemplares pequeños, con gran cantidad de larvas, pues disminuyen paulatinamente los huevos y las larvas a pesar del cuidado más afanoso, porque los animales muchas veces comen la cría, en lugar de ir en busca de otros alimentos, por muy cerca que se hallen ellos. Más adelante veremos otros inconvenientes de esta índole.

Todavía no se sabe a qué se deba este dimorfismo, que seguramente tiene una base morfológica. Experimentos hechos anterioremente con mis colaboradores hicieron llegarnos a la conclusión de atribuir las causas a condiciones externas. Pero falta aún investigar, donde se encuentra el período crítico.

Al lado de esta división del trabajo de base morfológica, existe otra, basada en los estados fisiológicos de los animales. Individuos jóvenes, recién salidos del huevo, quedan por lo pronto en el nido, ayudando a cuidar a las larvas. Si, a causa de sus movimientos aún incoordinados, llegan a lugares donde sólo trabajan individuos adultos, éstos últimos los cojen al igual que a las larvas, para acumularlos en medio de la cría. El paso a otras actividades puede efectuarse en cualquier momento; si hay muchas larvas que cuidar, permanecerán los animales jóvenes más tiempo en el interior del nido, dedicándose, por el contrario, desde temprano a otros quehaceres, si la cría es reducida. Esto depende de que una hormiga no puede permanecer por mucho tiempo sin trabajo, y aún puede morir, si se le obliga a una completa inactividad (Goetsch

7 a). La transición entre el cuidado de las larvas a otro trabajo se efectúa generalmente después que el joven animal ha observado durante algún tiempo a un grupo de obreros. Así, por ejemplo, acompañan a las recolectoras, cuando éstas transportan los granos de una cámara a otra; por último transporte él mismo un grano a manera de juego. Esta es, por lo demás, la forma en que los individuos ya adultos, inactivos, se incorporan a los grupos en actividad.

A modo de transición se intercala entre el trabajo dentro y fuera del nido una actitud de «centinelas», como lo vemos también entre las abejas (Rösch 10). Esta actitud es debida a que el individuo joven desocupado se adelanta hasta cerca de la puerta de salida, deteniéndose allí. Pero el impulso, que lleva al animal hacia el exterior se contrarresta con el temor por lo desconocido. Una vez que este miedo ha desaparecido, empieza a reconocer poco a poco el mundo exterior del modo ya antes descrito. Por lo demás no son siempre los animales jóvenes los que hacen las veces de centinelas; tanto en la entrada del nido, como entre las distintas cámaras, y aún en el límite de la colonia se ven a menudo ejemplares adultos, sobre todo gigantes, completamente inmóviles, en la posición típica de los centinelas, es decir, con las extremidades encogidas, las mandíbulas abiertas y las antenas apegadas a la cabeza. De seguro representa esta actitud una protección para la comunidad, sin ser por esto una acción «conciente» de los animales. Observaciones hechas tanto en nidos naturales como en artificiales hablan más bien en favor

de que se trate de animales que se han cansado en sus correrías. El paso de la actividad a la posición de centinela se produce en el momento en que la necesidad de reposo, ya latente, es reforzada por algún estímulo, como ser por ejemplo, cuando el animal llega a un sitio más oscuro, a la salida o al límite del nido. Si falta este estímulo especial, puede tomarse también la posición de reposo en pleno campo abierto, por ejemplo, en medio de la *arena* experimental. Muchas veces se produce durante el trabajo de recolección, trabajo que se reemprende después de algún tiempo de tranquilidad. El aparente «relevo» de un centinela, observado en varias ocasiones (Goetsch 7 f.), se explicaría entonces de la manera siguiente: al chocar casualmente un animal cualquiera con el centinela induciría a éste a la actividad, mientras que el nuevo animal acudido queda reposando en ese lugar.

Pero, para explicar todos los fenómenos no basta sin embargo la división del trabajo fundada puramente sobre bases morfológicas y fisiológicas. Numerando los animales de un nido y controlando sus actividades, se nota, que algunos individuos muestran siempre preferencia por un trabajo determinado, sin que pueda reconocerse para esto alguna de las causas mencionadas. Para ver, si estas obreras especializadas se deciden también por otros trabajos, ante nada se procedió a numerar los animales de los nidos de experimentación, controlando en seguida su trabajo durante diez días. Se separaron a continuación dos grupos muy especializados en sus actividades: uno dedicado a la

- recolección de granos y el otro a la crianza de las larvas. A los primeros sólo se les dió larvas y huevos, sin crearles la posibilidad de emprender otra labor; el segundo grupo se colocó en un nido nuevo, sin larvas, donde se imponían trabajos de limpieza y de otra especie. Siempre demoraba bastante tiempo hasta conseguir una adaptación a las nuevas labores; pero en *un* caso ya había al cabo de seis días varios animales familiarizados con el nuevo trabajo. Al cambiarlos luego de vuelta a sus antiguos nidos, permanecían fieles a sus recientes trabajos, a pesar de encontrar de nuevo las mismas condiciones de actividad acostumbradas antes del experimento. Experimentos de la misma índole efectué también en hormigas *Messor* y *Aphaenogaster* recién capturadas. También estos animales resultaron poder cambiar de actividad, especializánándose para cierto trabajo, si se les privaba de toda posibilidad para otra labor.

Tales experimentos demuestran que una preferencia individual para tal o cual actividad debe referirse también a la constancia en el trabajo, de la que ya hemos hecho mención en varias ocasiones. Puede que el animal estuviera destinado desde un principio por cualquier motivo a esta sola actividad, si durante un período de tiempo más o menos largo no se presenta el trabajo acostumbrado. La constancia y el afán para trabajar, por una y otra parte, dan por lo tanto una explicación satisfactoria a este fenómeno, sin tener necesidad por ello de aceptar una especialización basada sobre un acuerdo mutuo. (Lubbock 1).

Como factor psíquico ayudan eficazmente a la

división del trabajo de base morfológica y fisiológica, dando lugar a una variación en la actividad mayor que en las abejas.

Con las suposiciones aceptadas podemos explicar en todo caso completamente la transformación consecutiva de los granos, expuesta hasta aquí sólo hasta su acarreo a las cámaras superficiales, sin necesidad de pensar en otros instintos especiales. Un grupo de animales, especializado en el transporte de cierta clase de semillas de un lugar a otro, se encarga de seleccionarlas; igual cosa pasa con el descortijamiento, o sea, la separación de los granos de toda sustancia inservible.

Según dice la mayor parte de los autores, los granos sufren todavía, antes de su aprovechamiento, un proceso de maltaje; es decir, primero se harían brotar, para secarlos en seguida. Pero la observación atenta demuestra que, algún tiempo después del acarreo de los granos al nido, se evacúan de él primero las cáscaras, pero en seguida también brotes cortados y aún semillas intactas. A esto se agregan en días húmedos, en los que más se puede observar este proceso, materiales de demolición, trozos de tierra, piedrecitas, etcétera, que se acumulan en la misma forma que los anteriores alrededor de la entrada del nido.

Reflexionando sin prejuicios, no puede menos de concluirse, que los animales usan también semillas aprovechables como si fueran residuos o materiales de demolición, conclusión perfectamente de acuerdo con la realidad. Los trabajadores especializados en la evacuación llegan poco a poco a

tal estado de fanatismo para con su tarea, que ya no hacen diferencia entre lo útil y lo inútil. Si tales animales se colocan en un nido en el cual hay tierra entremezclada con granos, no hacen distinción alguna entre las semillas y los trocitos de tierra.

Pero, más tarde se vuelven a transportar los granos enteros al nido. Se trata sí, en este caso, de obreras que no son ni constructoras ni eliminadoras de desperdicios; son recolectoras especializadas precisamente para esta actividad, y que acarrear los granos encontrados delante del nido al igual que los granos y depósitos recién encontrados. En condiciones favorables se puede observar este trabajo contradictorio entre dos grupos de obreras, en especial, si se experimenta con animales numerados y con granos coloreados. En el nido de experimentación se pueden reunir fácilmente dos grupos de animales, que acarrear continuamente los mismos granos: unos al interior, otros fuera del nido, y demuestran así la inutilidad de su trabajo, hecho sólo por trabajar.

Por cierto, se verá muy rara vez este proceso contraproducente en la naturaleza, debido al gran número de los habitantes del nido, repartido en los diferentes conductos y cámaras; no se puede negar tampoco que con este tratamiento se produzca un verdadero maltaje de los granos, como un resultado involuntario.

Trabajos de esta especie no se basan en actos voluntarios, ni siquiera en instintos especiales; esto se echa de ver en que las especies *Messor* no se valen de procedimientos tan complicados. Pues,

si se les suministra granos machacados o agujereados, empiezan inmediatamente a elaborarlos, y aún los prefieren a los granos enteros, ya tratados durante algún tiempo, por ser más fácil su transformación. Si sólo disponen de granos enteros, los agujerean con sus mandíbulas y extraen su contenido.

La elaboración siguiente representa ya un procedimiento más complicado, pues no se ingiere en el acto, sino que muchos animales se dedican previamente a masticarlos por mucho tiempo. De esta manera se forma la masa grumosa, ya anteriormente observada por Neger, el «pan de las hormigas». Una vez terminado el proceso, se ingiere, o se deposita como reserva. Durante esta masticación colectiva, empleada también en la alimentación carnívora, se pudo observar una abundante secreción de saliva, constatada directamente. Se consigue la transformación del almidón en azúcar tanto por la trituración como por el ensalivamiento. Granos machacados evidenciaron aún sin la acción de las hormigas, y tratados con los métodos químicos corrientes (Licor de Fehling) la reacción típica de los azúcares. Empleando los mismos métodos pudo demostrarse la presencia de azúcar en productos puros de almidón (macarrones), tratados corto tiempo por las hormigas. Por último pudimos constatar en nuestras hormigas directamente la capacidad de transformar el almidón en azúcar. En efecto, preparamos un fermento disociador del almidón, extraído de cabezas trituradas de hormigas Messor por lavados con agua destila-

da; este fermento reacciona con más energía que el obtenido de otras hormigas.

La masticación colectiva tan prolongada del contenido de las semillas debe dar, por lo tanto, bastante cantidad de azúcar bajo la acción de estos fermentos; de manera que este «pan de las hormigas» representa con seguridad un buen alimento, tanto para los individuos adultos, como para las larvas que con él se crían. Es de suponer, que este almidón transformado se licuefacte junto con ser masticado, y que luego se almacene en el buche de los masticadores. La observación directa indica en todo caso, que este producto se reblandece cada vez más durante la masticación, pudiendo reducirse a partículas insignificantes.

Para terminar debemos mencionar que el aprovechamiento de los granos hecho por los Messor nos dá una explicación de cómo debemos interpretar el origen de los famosos cultivos de hongos en las hormigas del género «Atta» vulgarmente «Saubas» o «Arrieras» en las tierras cálidas de Sudamérica. Como es sabido, estas hormigas cortan las hojas de los árboles y yerbas, trasportándolas en caravanas hasta sus nidos. Aquí preparan de ellas una papilla nutritiva, machacándolas y moliéndolas hasta que con la saliva segregada se ha convertido el forraje en una masa, muy semejante al «pan» de los Messor. Sobre esta especie de humus las hormigas cultivan hongos en abundancia, cuyo micelio transformado representa el alimento para las hormigas.

Estos instintos tan complicados en realidad no habían podido ser relacionados con ninguna cos-

tumbre más sencilla de formas menos evolucionadas.

Basta adelantarnos un paso para llegar al cultivo de hongos de los «Atta», desde que se sabe en qué forma los Messor recolectan los granos para transformarlos luego en una masa grumosa, que a veces no ocupan inmediatamente y almacenan entonces durante algún tiempo. Sólo debemos imaginarnos que en estas masas acumuladas crezcan hongos apropiados, y que luego el alimento ya no lo constituyen los grumos, sino que los hongos. El otro paso, es decir el acarreo de sustancias vegetales inadecuadas para la alimentación en la forma cogida, también lo encontramos insinuado en los Messor. A menudo se ve cortar y recolectar a los animales trozos de hojas y tallos, si en su instinto recolector inmoderado no encuentran semillas adecuadas.

De lo expuesto se deduce que bastan algunos pocos instintos muy difundidos, para explicar los fenómenos, que parecen tan complicados a primera vista. Bastan estos instintos para conseguir como resultado un aprovechamiento racional, siempre que no se alteren demasiado las condiciones naturales mediante las disposiciones experimentales. A pesar de todo sería erróneo considerar a nuestras hormigas como simples máquinas reflejas, porque el trabajo efectuado en el reconocimiento del terreno presupone una memoria bien desarrollada y una gran capacidad de asociación. Además demuestran las observaciones en el individuo aislado de una manera muy clara que no solamente reaccionan ciegamente a los estímulos, pues de lo con-

trario no se explicaría la existencia de diferencias individuales.

Sin embargo las capacidades psíquicas superiores pasan a ocupar una posición menos preponderante durante el trabajo colectivo, en el que los animales obedecen con preferencia a estímulos exteriores. Esto sucede aún en la alarma, que representa hasta cierto punto una especie de «lenguaje», o sea, una actividad, en que el lego fácilmente caería en la tentación de suponer una capacidad psíquica superior.



LITERATURA

1. Escherich, K.: Die Ameise. II. Aufl. Braunschweig 1917. (Aquí la literatura hasta 1917)—2. a) Doflein, Fr.: Mäcedonische Ameisen. Jena 1920.—b) Id.: Mäcedonien. Jena 1921.—3. a) Eidmann, H.: Die Ameisenfauna der Balearen. Zeitschr. für Morphol. u. Oekol. d. Tiere 6. 1926.—b) Id.: Die Sprache der Ameisen. Rev. zool. Russe VII 1927.—4. Neger: Neue Beobachtungen an kornersammelnden Ameisen. Biol. Zentralbl. 30. 1911.—5. Frisch, K. v.: Aus dem Leben der Bienen. Berlin 1927.—6. Meyer, E.: Die Ernährung der Mutterameise und ihre Brut während der solitären Koloniegründung. Biol. Zentralblatt 47. 1927.—7. Goetsch, W.:—a) Die Abhängigkeit sozialer Insekten von Nest. Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. München, 1923.—b) Id.: Beiträge zur Biologie kornersammelnder Ameisen I, Zeitschr. für Morph. u. Oekologie d. Tiere, Bd. 10. 1928 und 1929.—c) Id.: Zur Psychologie der Ameisen. Münchener Medizinische Wochenschrift 1928.—d) Id.: Untersuch. an getreidesammelnden Ameisen. Naturwissenschaften 17. Jahrg. 1929.—e) Id.: Polymorphismus und Arbeitsteilung, Münchener Medizin. Wochenschr. 1929.—f) Id.: Beiträge zur Biologie kornersammelnder Ameisen II, Zeitsch. f. Morph. u. Oekologie d. Tiere Bd. 10 1928 und 1929.—g) Id.: Koernerwertung, Arbeitsteilung und

Benachrichtigung im Ameisenstaat. Forschungen und Fortschritte 1929|30.—8. Cornetz, V.; Ueber die Rolle des Lichts bei d. Orientierung der Ameise. Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. 9. 1913.—9. Brun, R.: Die Raumorientierung der Ameisen und das Orientierungsproblem im allgemeine. Jena 1914.—10. Rosch, G. A.: a) Die Arbeitsteilung im Bienenstaat, b) Ueber die Bautatigkeit im Bienenstaat. Zeitschr. f. vergl. Physiologie 2 u. 6. 1927.