

## MUTUALISMO Y SIMBIOSIS EN LA NATURALEZA

*por Luis Castillo*

### PARASITISMO Y SAPROFITISMO DE CARACTER SIMBIOTICO

**Y**a no debe parecer extraño que cada vez se haga más difícil encontrar en el reino animal, como en el vegetal, especialmente cuando se consideran los seres de la más elevada y perfecta conformación, un organismo del cual pueda afirmarse que vive independientemente de los demás seres vivos. A medida que se lleva más lejos y con más prolijidad la observación biológica, se ha visto que la vida estrictamente libre, es decir, sin vinculaciones directas con alguna planta o algún animal que influya en su desarrollo o en su mantenimiento, es algo imposible. Resulta de tal modo unida una vida orgánica a la de otros seres que no siempre es fácil dar con el vínculo que las ata.

No hay un animal o una planta que no tenga sus parásitos o que no esté expuesta a tenerlos si no los ha tenido hasta entonces. En tal caso se habla con cierta propiedad de un mesonero por el organismo de que se alimenta el parásito como ocurre, por ejemplo, con el álamo que viene a ser así el mesonero del quintral, o bien con el cerdo respecto de la lombriz solitaria. Pero muy a menudo ocurre que muchos de estos parásitos resultan a la postre algo beneficiosos a los seres que los hospedan y entonces ya no se puede seguir hablando con propiedad de un fenómeno de parasitismo que supone una víctima, o sea un ser perjudicado por el parásito, pues, si hay reciprocidad de servicios el parasitismo cesa para transformarse en un fenómeno de simbiosis.

No solamente es raro el individualismo en la vida silvestre o salvaje, sino también el simple aislamiento, como es el caso del ermitaño que busca una concha vacía en que hospedarse para esconder su cuerpo blando e indefenso del asedio de los peces y

otros animales que lo acechan para devorarlo. El animal salvaje, cuando no es gregario, al formar parte de una bandada, de un piño, de una manga o de un cardumen, según se trate de aves, mamíferos, insectos o peces, aún cuando los individuos que los forman se dispersen transitoriamente si la asociación pierde algo o todo de su utilidad, conserva cuando menos la propensión de unirse a sus semejantes para cazar o merodear en su compañía o de huir sin molestarse ante el enemigo común.

La vida gregaria suele ir tan lejos hasta eliminar por completo el aislamiento, como es el caso de las hormigas y de los termitas. Se ha llegado a decir con toda propiedad que el aislamiento o individualismo que suele manifestarse con alguna continuidad entre los seres vivos, así se trate de un mamífero o de un protozoo, de un árbol o de una yerba, puede presentarse en cualquier momento como un fenómeno llamado a desaparecer a medida que se vayan perfeccionando los métodos de observación microscópica, a consecuencia de la extremada pequeñez de algunos comensales. Pues ha podido ser esa pequeñez lo que haya dificultado la determinación de una simbiosis.

El propio hombre, por independiente que se considere respecto de los demás seres que lo rodean, es, al fin y al cabo, y sin excepción alguna, desde que nace hasta que muere, una patente prueba de la más completa simbiosis orgánica. Desde luego, ese cúmulo de organismos microscópicos que se guarecen en el recto y que Leuwenhoeck designó en el siglo XVII con el nombre de «chaos intestinalis», no es otra cosa que una microfauna y una microflora que se nutren de los residuos alimenticios del hombre que les sirve de mesonero y que éste no alcanza a digerir.

Pero ese mundo, caótico para Leuwenhoeck, ha dejado en gran parte de ser caótico para los observadores del presente, los que le han ido quitando a muchos de sus minúsculos componentes sus estigmas de parásitos a medida que descubrían la utilidad de su cooperación en la sobrevivencia de los seres que se dejan privar por ellos de las materias fecales en descomposición que podrían amagar su existencia.

Es así también como, aparte del concepto de individualidad que ha ido perdiendo los límites que se le atribuían en el pasado, les ha tocado al parasitismo y al saprofitismo el turno de ir perdiendo los suyos. Desde luego, por lo que toca a cualquier mamífero, comenzando por el hombre, muchos de los microbios sin-

dicados primitivamente de vida parasitaria o de vida saprofítica, como el *Sarcina ventriculi*, que vive en el estómago, y el *Bacillus amylobacter*, en el recto, intervienen, para nutrirse y multiplicarse en los procesos de transformación de los alimentos, proporcionando al individuo que los lleva, en sus vísceras de materias asimilables que de otro modo no se formarían ni contribuirían por lo tanto a la nutrición del que los lleva.

Otras veces el parásito deja transitoriamente de serlo para conducirse como un organismo provechoso al mesonero que lo hospeda. Es el caso de algunos hemípteros de los géneros *Ricinus* y *Philopterus* que se domicilian entre las plumas de las aves y el pelaje de algunos mamíferos para alimentarse preferentemente de las escamas epiteliales que se desprenden de la piel y de sus apéndices, a modo de una especie de caspa que, de no ser consumida por estos seres, mortificaría y podría llegar a perjudicar a los animales que la forman. Pero sucede que cuando los animales pelechan, o han conseguido desprenderse de esa caspa que los molesta, los referidos insectos atacan el epitelio de la piel y hasta lo perforan para nutrirse de la sangre del animal, transformándose así de beneficiosos auxiliares en verdaderos y molestos parásitos externos.

Más notable es todavía el mutualismo con todos los caracteres de interdependencia simbiótica que ofrece un verme del género *Histriobdella* que sólo aparece entre los huevos de ciertos crustáceos macruros. Allí el gusano en cuestión jamás atenta contra los huevos sanos sino que devora únicamente los huevos y embriones que mueren, constituyéndose de este modo en un agente salvador o, cuando menos, protector del animal que lo alimenta, del momento que ambos organismos obtienen un provecho indiscutible de la asociación.

## MUTUALISMO TEMPORAL Y MUTUALISMO PERMANENTE

Parecerá lógico suponer que en muchos casos la simbiosis ha podido ser precedida de un proceso de simple mutualismo entre los seres simbióticos, es decir, de un simple fenómeno de interdependencia entre ellos.

Con esto no se quiere decir que un caso de mutualismo deba necesariamente perfeccionarse hasta convertirse en simbiosis

porque, de ser así, todo el mundo orgánico existente estaría en vías de convertirse en una simbiosis universal por la universalidad con que se presenta el mutualismo. Para comenzar puede afirmarse que la mayoría de las plantas fanerógamas necesitan un animal que les sirva de auxiliar en el proceso de la propagación sexual, ya sea haciéndolo intervenir en la fecundación o en la diseminación de los frutos.

En efecto, basta observar someramente la flor para darse cuenta en seguida que la naturaleza ha hecho de ella el órgano o la reunión de órganos sexuales de la más portentosa conformación a fin de que pueda llenar satisfactoriamente un papel tan importante como es la perpetuidad de la especie. En ella, en la flor, se han de asociar esos órganos de un modo tan armónico como para que la fecundación se lleve a efecto sin entorpecimientos ni apresuramientos que malogren lo que la naturaleza se ha propuesto obtener.

Cuando no se presenta esta maravillosa disposición hay que dar por descontado, como sucede con las flores de las plantas anemófilas que se fecundan con la ayuda del viento, o de las hidrófilas que lo hacen por intermedio del agua, que en uno y otro de estos casos no concurre un agente vivo. No necesitan engalanarse para llenar su cometido ni revestirse de brillante colorido sino que, por el contrario, conformadas de la más simple sencillez se diría que no viven preocupadas como las otras ni agitadas a la espera de los insectos o de las aves llamadas a intervenir en el proceso esquivo y breve de la esperada unión.

Y que no ha sido más que el ansia amorosa lo que ha llevado a la flor a embellecerse, se comprueba en seguida de la visita del mensajero que le lleva el beso nupcial puesto que, verificada la polinización, la flor no tarda en perder sus atractivos. Como desde ese momento están de más, la flor se marchita y, a medida que se abulta por sentirse madre, se va desprendiendo de esas magulladas galas que ya no le sirven para nada.

Luego se echa de ver que cada tipo de flor representa un aparato que difiere, y a veces mucho, de los otros. Las flores se abrazan de diferente manera al insecto que les trae la satisfacción de ese deseo que hace temblar de espera a los tersos pétalos, ya sea para dejarles el dorado polen de sus estambres pegado a sus espaldas, ya para recoger el que traen de otra flor con el estigma

húmedo y untuoso del pistilo, ya erguido, ya arqueado, a fin de llenar lo mejor posible su función.

Las papilionáceas, las labiadas y las orquídeas acaso sean las que más han perfeccionado su configuración floral apropiándola a la intervención de un determinado insecto. Las primeras tienen de común una flor organizada como para defender su virginidad hasta su completo desarrollo en contra de todos los insectos, particularmente de aquellos que, como la abeja, las prefieren, entre muchas otras flores quizás más bellas y más aromáticas, por su riqueza melífera.

Es sabido que todas las papilionáceas tienen flores de simetría bilateral en las que luce por su forma majestuosa y su mayor tamaño el pétalo dominante, el estandarte, y que a cada lado, sirviéndole de escolta, se sitúan las alas, de más pequeña y modesta prestancia y hacia abajo, a manera de una urna, el cuarto y el quinto pétalo, soldados para formar la quilla, envainan con cuidado al pistilo rodeado de todos sus estambres, descubriéndolos solamente cuando la flor ha llegado a la pubertad para desposarse.

En cuanto a las labiadas, su mecanismo floral ofrece la alternativa de servir primero a una función para atender en seguida a la otra sin que sea posible consagrarse a las dos al mismo tiempo. Es el estambre el que por lo regular se anticipa a prender el polen sobre el lomo áspero, cuando no velludo del insecto, y sólo después que el estambre se ha marchitado, la flor queda dispuesta para ofrecerle el estigma al visitante a fin de evitar de este modo la autofecundación.

¿Y las orquídeas? ¿No han llegado tan allá en su entendimiento con los insectos hasta señalarles el camino que deben seguir como una formalidad protocolar requerida por la boda en la que han de intervenir?

La interdependencia de las plantas con sus agentes polinizantes suele ser tan franca y tan perfecta que hay flores que se niegan a celebrar sus nupcias durante el día resistiéndose a desposarse con otro insecto que no sea el elegido desde mucho tiempo o, lo que es lo mismo, desde bien lejanas generaciones. La *Silene nutans*, una cariofilácea europea de modestísima apariencia, se embadurna todo el tallo con una materia viscosa para evitar que los insectos, sobre todo las andariegas hormigas, trepen por él en un intento inútil de arrebatarse el corretaje del

amor a una mariposa nocturna, tanto o más humilde que ella. Para eso, la fiel *silene* recoge durante el día los pétalos, arrugándolos hacia dentro hasta taponar la entrada de la flor, y los estira durante la noche a la espera confiada y cariñosa de la mariposa que ha de venir en busca del néctar con tanto celo defendido por ella.

Luego hay un lazo de amor en estos líos y una recompensa por tantos afanes. El néctar de las flores no favorece directamente a la planta. Son los insectos los favorecidos desde que se alimentan de él o se lo llevan, como la abeja, a la colmena. Algunos insectos también se comen el polen, pero no todo, pues la flor, cualquiera que ella sea, lo derrocha al producir una cantidad infinitamente superior a la requerida por la fecundación.

## MUTUALISMO TEMPORAL DE LAS PLANTAS ORNITÓFILAS

Dependen también muchas plantas de las aves, que en sustitución de los insectos intervienen en su polinización. Los colibríes o picaflores se desempeñan con tanto acierto en estas delicadas funciones que no necesitan posarse sobre las flores, como lo hacen los insectos que se les han anticipado, sino que les basta muchas veces mantenerse suspendidos en vuelo mientras se verifica la succión de lo que buscan, con su largo pico, en el fondo de las flores.

No son, sin embargo, los picaflores las únicas aves que intervienen en la polinización de las plantas ornitófilas. Análoga función tienen a su cargo muchos otros pajarillos, hasta de la talla del tordo chileno (*Curaeus aterrinus*), el que se convierte, mientras transcurre la primavera, en el agente fecundador de los chaguales (*Puya coerulea* y *P. coarctata*), así como el picaflor grande (*Patagona gigas*) es el que interviene en la fecundación de las flores de la *Puya venusta*, planta de menor tamaño y de flores más chicas que las anteriores. Para esto han tenido necesidad, el tordo y el picaflor, de contar con algunas facilidades sin las cuales no les habría sido expedito llenar su respectivo cometido, como ser con los extremos atrofiados de las inflorescencias secundarias de los referidos chaguales que se prestan como apeaderos y sitios de reposo desde los cuales emiten sus trinos

y exploran los contornos para huir ante el menor peligro que les impida recorrer, con la cabeza ya dorada por el polen, una flor tras otra de la enorme inflorescencia.

Más adelante, la pulpa, a veces dulce, a veces jugosa, o con ambas propiedades a la vez y que, de paso sea dicho, en nada favorece a la planta, viene a ser el alimento con que ésta recompensa al agente encargado de diseminarle sus simientes ampliándole año tras año su área de vegetación. El animal que se come estos frutos no alcanza a digerir las semillas contenidas en ellos, las cuales, al contacto con los jugos intestinales del animal, reblandecen su cubierta dura abreviándoles su germinación cuando son eliminadas con el estiércol y caen en un sitio apropiado a su arraigamiento.

De las aves que llevan este género de vida, el zorzal (*Turdus faldkländicus*) es el agente diseminador por excelencia de dos plantas chilenas de cuyos frutos se alimenta: el maqui (*Aristotelia maqui*) y el calafate (*Berberis buxifolia*), como lo es la torcaza (*Columba araucana*) respecto del lingue (*Persea lingue*), del tique (*Aextoxicum punctatum*) y del canelo (*Drimys Winteri*), pudiéndose decir de todos estos árboles que vegetan en donde quiera que se vean los referidos pájaros. Así también puede afirmarse que cada tipo de fruto dulce o jugoso, y hasta sin ser dulce al paladar humano, tiene en algún pájaro silvestre un organismo que lo busca y lo engulle con avidez, según sea la preferencia del ave. El mismo cosmopolitismo de tantas plantas silvestres, ¿no será la consecuencia lógica del cosmopolitismo o de los largos viajes migratorios de las aves que se alimentan de sus frutos?

Muchos otros frutos, que no tienen este atractivo de la pulpa jugosa y dulce con que la planta parece seducir a sus agentes de diseminación, poseen en cambio órganos de adhesión al pelaje de los animales que se frotan con ellos y que los conservan hasta que se secan y se desprenden para germinar muchas veces a enormes distancias de la planta de que proceden.

En el caso de los insectos y de las aves polinizadoras influye como factor de atracción el colorido de las flores que hace resaltar su presencia desde muy lejos a los insectos en vuelo, mas no así su aroma, el que suele ser imperceptible para la mayoría de ellos, salvo el caso del hedor que expiden algunas flores y que atrae a muchos dípteros y otros seres adictos a las materias pútridas o en descomposición.

Vegeta en el litoral de las provincias centrales de Chile una enredadera rastrera, la «oreja de zorro» (*Aristolochia chilensis*), cuyas flores de color carne expiden muy mal olor al olfato del hombre, mas no así para muchos insectos, especialmente para las moscas. Pues bien, las flores de esta planta tienen una estructura entrampadora sin la cual acaso no podrían ser polinizadas. La atracción que despiertan en el agente que las poliniza proviene indudablemente del colorido y del olor de dichos órganos; pero el cuello de las flores se encuentra tapizado interiormente de pelos inclinados hacia el fondo en el que se encuentra el estigma sésil a la espera del polen fecundante proveniente de otra flor. Los insectos entrampados por este mecanismo floral luchan por escaparse y caen fatigados multitud de veces sobre el fondo de la flor en el que, tan pronto como el estigma recoge el polen transportado por los visitantes, los pelos entrampadores se desprenden del cuello de la flor dejando en libertad a los insectos apresados.

Por lo demás, hay flores de exquisito perfume que se autofecundan o que se polinizan por el viento, es decir, que no tienen muchas veces nada que esperar de los insectos, aparte de que lo que buscan éstos seres al visitar las flores es, como se dijo, el néctar y el polen, más el primero que el segundo, siendo así que ambos carecen de olor, regularmente.

## ORGANISMOS SIMBIOTICOS QUE CONSTITUYEN LOS LIQUENES

Cuando el mutualismo temporal se convierte en un proceso biológico de orden permanente, toma entonces el carácter de simbiosis. Tan indispensable llega a ser en la vida orgánica el acuerdo por la vida en contraposición a la rigurosa lucha que los seres mantienen por conservarla, que ello trae al recuerdo el aforismo de Novicow cuando afirma que «uno de los hechos más extendidos que puede observarse en el universo es que los seres vivos se hallan unos con respecto a otros en relaciones de una complejidad inaudita que va del antagonismo más irreductible a la solidaridad más absoluta».\*

El caso más simple y a la vez más perfecto de mutualismo vegetal constituido en simbiosis es, sin duda alguna, el de los líquenes. Es, además, una forma de simbiosis que debe ser con-

\* Novicow: *Crítica del darwinismo social*.

siderada, por el grado de organización de sus componentes, como la más antigua. La simplicidad de esta asociación proviene de que sus elementos constituyentes sean plantas talófitas, es decir, plantas de la más sencilla conformación.

Pero no deja de ser extraño que, de todos los hongos, sólo pueden formar líquenes unos pocos ascomicetes y otros contadísimos basidiomicetes. Los hongos restantes quedan excluidos de la posibilidad de liquenizarse, o sea, de encontrar un alga a la cual unirse. Igualmente extraño es lo que ocurre con las algas. Aparte de unas escasas algas moradas o cianofíceas, las que por lo demás es frecuente que vegeten separadamente de sus socios, el contingente restante de las que forman líquenes lo constituye el grupo de las clorofíceas. Ninguna alga diatómea, ni feofíceas, ni rodofíceas, como tampoco ninguna conjugada ni carácea se ha visto forzada a asociarse con hongo alguno para formar un líquen, acaso por el tamaño o por su particular conformación o, como parece ser lo más probable, por no haber mediado las circunstancias precarias para subsistir que, según lo creen algunos biólogos, han podido convertir al líquen en la forma resultante que sobrevivió a la pérdida de la independencia orgánica de sus componentes.

El proceso de la formación de un líquen ha debido tener lugar en una época geológica muy remota y desarrollarse lentamente, como cualquier otro fenómeno de la evolución orgánica, salvo los fenómenos de mutaciones que son, por decirlo así, revolucionarios.

Un acentuado cambio de las condiciones biológicas a que estaban sometidas las plantas por aquella época las podría haber hecho desaparecer, sin haber alcanzado a modificarlas en su estructura a fin de adaptarlas a las nuevas condiciones de vida, si una alianza simbiótica no hubiera sobrevenido en su salvación. Y es de creer que la rapidez del fenómeno bien no ha podido darles tiempo para aliarse a los organismos que sucumbieron a esos cambios, como es lo más probable que la combinación simbiótica ha debido revestir entonces una forma más simple todavía de la con que se muestra actualmente.

La asociación ha tenido, por consiguiente, que operarse por grados de sucesivo perfeccionamiento. Ha debido seguir la regla general de la evolución orgánica. No ha tenido por qué apartarse de ella. Pero ¿fueron las hifas del hongo las que envolvieron al

alga o las esporas de ésta las que germinaron sobre ellas? Hasta ahora la síntesis de un liquen sólo ha podido llevarse a efecto con muchísimas dificultades y sin constituir una ayuda bien eficaz a la dilucidación de este asunto.

## SIMBIOSIS LIQUENICAS EN EQUILIBRIO FUNCIONAL

Por otra parte, debe ser considerado el liquen como la forma más acabada de simbiosis por el hecho de que ninguno de los organismos asociados puede ser considerado en situación de inferioridad biológica permanente o de subordinación respecto del otro. Salvo que el liquen vegete en suelos humíferos o sobre troncos de árboles derribados que se desorganizan lentamente, en cuyo caso puede observarse que el hongo lleva vida saprofítica al nutrirse de materia orgánica en descomposición. En tales circunstancias el liquen se conduce como un hongo y el rol del alga es muy secundario cuando no es más que un insignificante auxiliar del conjunto.

Puede esta situación serle meramente transitoria, o sea, que el despojo orgánico del que venía nutriéndose desaparezca, que el tronco derribado se desorganice por completo, se disgregue y se disperse por efecto de la lluvia, del viento o por otra causa cualquiera sin que esto tenga más trascendencia para el liquen que la de reintegrarlo a su vida autófaga. Querrá decir entonces que se restablecerá el perdido equilibrio en las funciones que tenían sus componentes. El hongo no seguirá siendo el elemento prepotente y el alga volverá a desempeñar en toda su normal importancia la función que antes tenía.

Mas, suele ocurrir también el caso contrario, según el cual es el alga y no el hongo el que asuma, si así cabe expresarse, la responsabilidad mayor en la supervivencia del conjunto, como sucede con los líquenes crustáceos que vegetan con apariencias de costras sobre rocas y en los que el alga parece darle al hongo, a lo menos por una larga época del año, todos los medios para vivir en su compañía. Podría pensarse, quizás, que en estas duras condiciones el hongo actuará en reciprocidad de la asimilación que, como de costumbre, corre a cargo del alga, con la colaboración valiosa que supone el amparo proporcionado con el tupido tejido de sus hifas, las que actuarían a modo de una malla protectora del alga, quedando también a cargo del hongo la tarea

de adherirse firmemente al punto de sustentación del líquen, a mismo tiempo que de la succión del agua indispensable a la vida de ambos. Pero ¿a qué se reduciría esta ayuda allí donde no fuera necesaria la firme adherencia a un cuerpo extraño, como asimismo durante un período de sequía durante el cual la succión de la humedad queda paralizada?

Que todo líquen es un conjunto simbiótico, una asociación y no un organismo individual, es un asunto definitivamente resuelto. Se ha visto que al aislar el alga de las hifas, como son designadas las células filamentosas con que el hongo la abraza en un aparente ademán de retenerla, perece generalmente. Perece aun cuando el alga se encuentre también por allí cerca vegetando espontánea e independientemente del hongo, como ocurre con algunas cianofíceas.

Y con el hongo pasa otro tanto. Con muy poquísimas excepciones, el hongo tampoco puede sobrevivir a la separación por su incapacidad para restituirse a la vida parasitaria, o bien a la saprofítica, que le sería ineludible adoptar al perder la independencia en que, como parte de un líquen, había vivido hasta entonces.

## VINCULO INDISOLUBLE Y PROPAGACION COLECTIVA

Es así como la alianza de dos organismos inferiores no puede ser considerada como un proceso de transformismo sino más bien como otro medio de defensa en la lucha por la vida según el cual no se altera la distribución del trabajo de sus componentes. Solamente se reúnen o, mejor dicho, se suman. La simbiosis líquénica ha sido la solución salvadora de la amenaza de muerte que debió cernerse sobre las plantas de inferior categoría al verse expuestas a no poder seguir viviendo por separado.

Al tomar el alga a su cargo el aprovisionamiento de la materia orgánica, o lo que es lo mismo del carbono, por medio de su clorofilo, debió hacerlo para dos. Al hongo sólo le restaba tomar por su cuenta el aprovisionamiento de la materia orgánica, es decir, el agua y las sales minerales disueltas en ella. Y también debía hacerlo para dos, o, mejor dicho, para él y varias algas. A veces para una multitud.

Era la condición que la vida les imponía a fin de vivir independientemente pero en régimen de alianza. De esta manera

—es necesario recalcarlo,— ninguno de los seres aliados podía ser una carga para otro. La simbiosis equivalía para el hongo, como se ha dicho, a la facultad de dejar de vivir como parásito o como planta saprófita. Significaba para él nada menos que la libertad, pues la alianza con el alga le daba aquello de que carecía para triunfar en la contienda por la vida. Y por ser esto de tanto provecho para los contrayentes, ¿cómo no había de tornarse en algo insoluble el vínculo que había de unirlos?

El perfeccionamiento que supone esta vida en simbiosis se deja ver en el hecho de que es la asociación y solamente ella la que le da al organismo complejo la capacidad de secretar unas materias que la amparen de la voracidad de algunos animales inferiores, como ser de ciertos moluscos gasterópodos. Estas materias son los llamados «ácidos liquénicos» que tanto concurren a hacer resaltar la extrema rusticidad de tales plantas si se tiene en cuenta que ciertos líquenes de las regiones circumpolares, como también de las grandes alturas, sobrepasan la línea de vegetación de los musgos. Son plantas que con su menguada apariencia ofrecen un contraste con los demás vegetales por los medios de que disponen para defenderse, tanto de la voracidad del animal hervívoro como del poder destructor de la inclemencia atmosférica.

Quizás hasta qué punto ha sido la dificultad de separarse, cuando no la imposibilidad, lo que ha traído consigo también la curiosa manera de multiplicarse que tienen los líquenes por medio de esos cuerpos complejos designados con el nombre de *soredios* y que no son otra cosa que células del alga envueltas por fragmentos del hongo, los que concluyen por aislarse de la planta madre —como si se tratase de un fruto maduro— para diseminarse con la ayuda del viento hasta dar origen a un nuevo líquen.

De no ser así, de no mediar las condiciones comunes a la formación de los soredios, solamente el hongo puede multiplicarse por separado, acaso por ser el elemento envolvente y de mayor cuerpo, jamás el alga, que es el elemento envuelto, sin que esto pueda de ninguna manera dar a comprender que la asociación le crea a uno de sus componentes una ventaja sobre el otro, ya que la multiplicación del conjunto nunca se ve entorpecida por la que suele adoptar el hongo por separado.

Aun cuando el soredio sea un cuerpo vegetativo y no un embrión proveniente de una propagación sexual, como tampoco

es una semilla del momento que ni el alga ni el hongo florecen, el soledio constituye a su turno otra demostración de lo que ha quedado expuesto, esto es, que el liquen representa la forma más acabada de simbiosis como quiera que deja en evidencia la firmeza de la asociación y la desaparición, aunque parcial, del poder que antes tuvieron indistintamente sus componentes para propagarse por sí solos, es decir, independientemente el uno del otro.

## PROCESO DE NITROGENIZACION BIOLOGICA DEL SUELO

Uno de los descubrimientos más interesantes de la ciencia agrológica ha sido, sin duda alguna, el de haber revelado el concurso vivificador de los suelos que aportan unos microorganismos bajo la costra de la tierra y que consiste en la fijación de los elementos más indispensables a la vida de las plantas.

Un grupo de estos seres, imperceptibles a la mirada humana, los llamados sulfobacterios, se encargan de la fijación del azufre cuya función en la vida animal y vegetal sólo comienza a darse a conocer. Otros, los ferrobacterios, tienen a su cargo la fijación del fierro y, así como ellos, los hay, entre muchos, que oxidan el amoníaco proveniente de todo proceso de putrefacción para transformarlo en ácido nitroso, mientras un quinto grupo de estos agentes tan beneficiosos a la agricultura toman a su turno la función de convertir dicho ácido nitroso en ácido nítrico.

Resulta así que un suelo, al parecer inerte, es todo un laboratorio misterioso en continua y callada actividad con la ayuda del cual se forma y se enriquece el llamado suelo vegetal, «el humus» o tierra húmifera, requerida por el cultivo agrícola.

Hay que advertir que este micromundo subterráneo ofrece sus particularidades específicas y raciales. Es una flora riquísima como que hay nitrobacterios europeos y americanos, asiáticos y australianos, y nitrobacterios que varían más aún, siendo algunos de ellos exclusivos no solamente para un determinado país sino también para una comarca como puede serlo, por ejemplo, una isla.

De ahí que haya plantas que no pueden vivir mucho tiempo después de ser transplantadas si no se tiene el cuidado de llevar con ellas una buena porción de la tierra en que vegetaban, como

ocurre especialmente con los lirios y las orquídeas. Lo que se debe, aparte de los bacterios que viven en simbiosis con ellas, a las particularidades específicas de los suelos señaladas por los referidos microorganismos, algunos de ellos confinados, como queda dicho, a muy pequeñas comarcas de la tierra.

Al entrar en detalles acerca del referido fenómeno, hay que distinguir, cuando menos, entre el proceso de la nitrificación biológica del suelo y el de la absorción del nitrógeno por las plantas, pues los vegetales son absolutamente incapaces de absorberlo del aire al estado gaseoso en que se encuentra combinado con el oxígeno, en la proporción muy cercana de  $4 \times 1$ . Es en forma de sales amoniacales y, sobre todo, de nitratos que el azoe o nitrógeno puede penetrar y al estado líquido en las raíces. La misma tierra vegetal, indispensable a la vida de la mayoría de las plantas, es un medio rico en materias nitrogenadas que provienen de un proceso de fermentación de la materia orgánica, sea de origen animal o vegetal.

Pero para que un suelo pueda nitrogenarse se requiere que concurren dos condiciones a lo menos. Una física: que pueda penetrar el aire indispensable para que se produzca la fermentación de las materias orgánicas, y otra biológica: la presencia de los bacterios, a lo menos de los dos principales, el *Clostridium pasteurianum* y el *Azotobacter chroococcum*.

Por lo tanto, la nitrificación biológica del suelo abarca tres fases, de las cuales la primera es la ya aludida fermentación de las materias orgánicas en descomposición mediante el aire y los mencionados bacterios, proceso que irá tan abajo de la superficie cuanto lo permita la permeabilidad del terreno. Podría ser denominada esta fase la «amonización» del suelo.

La segunda fase consiste en la transformación de los compuestos amoniacales provenientes de la fermentación de la materia orgánica en compuestos nitrosos. Esta fase suele ser denominada la «nitrosación» del suelo por la cual los compuestos amoniacales se transforman en sales del ácido nitroso.

Por último la tercera fase, que puede ser designada la «nitración» del suelo, consiste en la transformación de los compuestos del ácido nitroso en compuestos o sales del ácido nítrico, es decir, los nitratos.

Es de rigor que se llegue al final de este proceso, o sea, a la formación de los nitratos para que ellos puedan ser absorbidos

por las raíces de las plantas, por lo que la vegetación, cualquiera que ella sea, raleada o tupida, arbórea, arbustiva o herbácea, es un factor de perpetuo consumo de nitrógeno que es forzoso reponer a fin de corregir el creciente empobrecimiento de los suelos.

Pero en los terrenos desmontados, y sobre todo en los removidos por la labranza, el agua que no alcanza a absorber la planta para devolverla a la atmósfera por medio de la transpiración es agua que se escurre por el suelo, que lo lava, llevándose, si no el resto, a lo menos una considerable porción del nitrógeno de exceso o, mejor dicho, inprovechado por la falta de vegetación. En consecuencia, un suelo excepcionalmente rico en nitratos puede, de un año para otro, empobrecerse por completo.

Una hectárea sembrada de trigo logra absorber, cuando ya está espigada, hasta 50 kilogramos de nitrógeno. Sin embargo, la pérdida de este elemento por infiltración del agua puede ser mayor que dicha cantidad, lo que da a entender que la disminución del nitrógeno contenido en el suelo, nada más que por las dos citadas causas, puede llegar a convertir un terreno de excepcional fertilidad en el más estéril, bastando para eso unos pocos años de cultivo, si el agricultor no cuida de reponer el nitrógeno consumido por las plantas y el que las lluvias se llevan sin provecho para nadie.

No obstante, si se considera un suelo cubierto por una vegetación permanente, como lo es una pradera de pastoreo formada de yerbas más o menos perennes, luego se echa de ver que el consumo de nitrógeno no es lo suficientemente grande como para darlo por agotable. Al contrario, puede observarse que por intenso que sea el desgaste del pasto, hasta el punto de verlo talado completamente por el ganado, la vegetación no tarda en reconstituirse con el mismo vigor que antes, de lo que se desprende que ese suelo dispone de medios biológicos para reponer espontáneamente las pérdidas de nitrógeno que experimenta, sin necesidad de considerar el aporte proveniente del estiércol diseminado por el ganado.

En todo caso este proceso biológico es de una trascendencia económica de enormes proporciones para la humanidad. Es verdad que el hombre civilizado ha venido ideando y aplicando diferentes y muy sabias medidas para restablecer la feracidad de sus suelos de cultivo y, cuando creyó que la explotación de los

abonos nitrogenados naturales no alcanzaba a satisfacer las exigencias de la agricultura, he aquí que la inventiva humana vino a realizar lo que las plantas no podían hacer por ellas mismas, es decir, separar el nitrógeno contenido en la atmósfera a fin de convertirlo en elemento nitrificador del suelo. Y así fué como aparecieron los abonos azoados de origen sintético que en tan elevada cuota concurren ahora a reponer el equilibrio perdido.

Pero ¿no habrá motivo para esperar que la inventiva humana sea algún día encaminada a buscar la manera de apresurar estos resultados, llevando a los suelos extenuados por agotadores cultivos el bacterio mismo criado de artificioso modo y aplicándolo como cuando se incorpora al organismo animal un concentrado vitamínico de gran potencia que lo vigoriza de inmediato eliminando toda duda sobre sus resultados?

## LAS MICORRIZAS

Con lo dicho hasta aquí ya se puede inferir que hay un mundo en plena vida bajo tierra que viene colaborando espléndida y portentosamente con el hombre sin que éste se hubiera dado cuenta, por siglos de siglos, de tal colaboración. Y, lo que parece más interesante todavía, es que esta labor suele ser efectuada en estrecha alianza de bacterios con otras plantas de superior organización.

Tal es lo que ocurre con el tipo de simbiosis denominado micorriza, formado por la asociación de *Bacillus radícola*, conocido también por *Rizobium leguminosarum*, con todas las plantas que forman el orden de las leguminosas, sean árboles, arbustos o yerbas y las de las familias de las proteáceas y ericáceas, fuera de algunos géneros arbóreos de otras familias, como ser los géneros *Alnus*, *Eleagnus*, *Casuarina* y *Podocarpus*.

En todas estas plantas el *Bacillus radícola*, que vegeta también libremente en el suelo, cualquiera que sea el clima que se tome en consideración, penetra por los delicados pelos radicales de las citadas plantas, los que se hinchan formando unas pequeñas protuberancias a modo de esas agallas que aparecen en los tallos de ciertas plantas, originadas por las picaduras de algunos insectos. Allí, en esas raicillas, se multiplican abundantemente los bacilos favorecidos por el excedente de los hidratos de carbono contenidos en ellas. Pero el mecanismo preciso por el cual pueden

estos bacilos fijar el nitrógeno sobre el suelo y el impedimento o factor que los priva de asociarse indistintamente a otras plantas fuera de las citadas, no ha sido hasta ahora explicado de un modo concluyente.

Se han hecho los cálculos de lo que representa para el agricultor esta asociación en el enriquecimiento de los terrenos de cultivo. Así, por ejemplo, una hectárea cultivada con altramuza, papilionácea del género *Lupinus*, se enriquece hasta en 200 kilogramos de nitrógeno asimilable, o sea, en más del contenido medio de 500 quintales métricos de estiércol de ganado mayor. Un porotal cultivado en melgas enriquece a su vez un suelo de mediocre calidad a razón de 120 a 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cantidad que equivale al nitrógeno que podría proporcionársele con 750 kilogramos de salitre.

Como se ve por las cifras que anteceden, el rol económico agrario de las micorrizas para la humanidad es de una importancia considerable, tan importante o más que otras simbiosis de que ya se ha hablado, si se tiene en cuenta la necesidad creciente por que pasa el mundo para intensificar los cultivos agrícolas. La tierra parece mostrarse cada vez más terca a los requerimientos del campesino, cuando no se la deja reposar lo necesario al restablecimiento espontáneo de sus agotadas fuerzas, sin necesidad de considerar los desastres producidos por las plagas y jugadas de la inclemencia que no le ha sido posible hasta ahora prever.

La micorriza viene a ser así un fenómeno de simbiosis favorecido hasta cierto punto por la pobreza del nitrógeno en el suelo. Por eso es que cuando se efectúa una siembra de arvejas, lentejas o de cualquiera otra leguminosa en suelo rico en nitrógeno, luego puede comprobarse, al examinar las raíces de estas plantas, que ellas no han necesitado aliarse al *Bacillus radicola*, aun cuando la micorriza no deja jamás de hacerse presente, reducida y esparcida muy irregularmente, o sea, no revelando el vigor con que se muestra cuando el cultivo se lleva a efecto en terrenos extremadamente pobres en nitrógeno. Hasta se ha llegado a demostrar que, cuando el suelo se enriquece por otros medios en materias nitrogenadas, se arriesga en parte el éxito económico del cultivo, pues el nitrógeno en exceso obra perjudicialmente sobre el bacilo entorpeciendo su multiplicación.

La micorriza puede ser considerada, por eso mismo, como una alianza circunstancial según la cual los elementos que se aso-

cian para vivir en simbiosis pueden unirse y separarse de acuerdo con las condiciones que les ofrezca el suelo, en contraste con los líquenes entre los cuales la vida por separado del hongo, como del alga, constituye la excepción.

Por mucho tiempo no pudo establecerse en qué proporción se distribuía el provecho de la vida simbiótica entre los componentes de una micorriza, fenómeno que solía semejar a eso que en la vida humana se llama matrimonio de conveniencia. Pareció ser al principio de escaso provecho al bacterio puesto que podía subsistir normalmente en régimen de absoluta independencia. Pero ¿acaso podía decirse lo mismo de la planta a que se asociaba?

Pudo pensarse con algún fundamento que la ventaja de la asociación fuese de carácter mecánico más que fisiológico, hasta que se consiguió comprobar que al localizarse el bacilo en el interior de las raicillas se nutría de mejor manera y se multiplicaba más acentuadamente, llenando, por uno como por el otro motivo, mejor su papel. Y recuérdese para eso, al hacer el recuento del provecho que reporta la simbiosis para sus componentes, que la vida de las raicillas es muy efímera, lo que parece quedar compensado por el hecho de que, a medida que unas mueren, otras no tardan en aparecer.

Se puede ir comprendiendo, entonces, que la vida simbiótica entre las plantas debe estar más generalizada de lo que parece. Las observaciones biológicas acerca de las relaciones que guardan los terrenos de cultivo con los rendimientos agrícolas, tampoco han estado preferentemente encaminadas a determinar de qué manera influye la asociación simbiótica, generalmente localizada en las raíces, en estos variados resultados que al hombre le dan sus labores agrícolas. Todo hace creer, sin embargo, que la simbiosis de carácter puramente vegetal, según la cual la asociación sólo se realiza entre plantas, es acaso un fenómeno más común que el aislamiento rígido, severo y bien comprobado de un vegetal que resiste o rehuye la asociación.

Desde luego hay plantas inferiores, como el *Nostoc punctatum*, alga de sello cosmopolita que no deja en parte alguna de mostrarse asociada a los rizomas de los pangues (*Gunnera scabra*, *G. chilensis*, *G. peltata*) y, así como a éstas, a muchas otras especies de vida pantanícola repartidas por todas las regiones de Chile, incluso por las islas más alejadas del continente.

## LOS TERMES O TERMITES

Nada parecerá más extraño, en el extraño campo de la simbiosis, que la asociación que ofrecen los termes o termitas con los protozoos que hospedan en sus intestinos y sin los cuales no podrían subsistir. A menos que unos hongos que no pueden vivir fuera de los termiteros vengan a substituirlos en sus funciones.

Estos seres, los termes, a los que se les llama también come-genes u hormigas blancas, no son, propiamente hablando, ni hormigas ni blancas, pero son himenópteros aun cuando no conserven ninguna similitud con las hormigas verdaderas y menos aún con las abejas, mereciendo serlo a pesar de todo y antes que otros himenópteros con mejor apariencia, por sus instintos sociales.

Más exacto sería considerarlos como himenópteros degenerados que han perdido sus más destacados atributos. Desde luego, carecen de aguijón y de una armadura de quitina, lo que les da a tantos otros insectos del mismo orden dos eficaces medios de defenderse en la lucha por la vida. ¿Los habrán perdido por progresiva atrofia, de la que no se conservan ni los vestigios?

Además son ciegos y, por lo tanto, no pueden ver lo que hacen. Se guían, de consiguiente, por el tacto y si, con todo eso resulta asombroso que puedan construir un termitero, cruzado de galerías revestidas interiormente de un estuco más duro que el cemento y mediante las cuales consiguen mantener la limpieza de sus dependencias inferiores, como asimismo la temperatura y la humedad necesarias es, seguramente, porque sus remotos antecesores debieron poseer muchas de esas facultades que fueron poco a poco perdiéndose a medida que más se acentuaba su vida exclusivamente subterránea.

Ha sido sumamente difícil observar lo que pasa con exactitud en las intrincadas galerías de un termitero y el método seguido para realizar sus obras por estos diminutos y ciegos artifices. Mucho más de lo que ocurre en los hormigueros, en los cuales son las propias hormigas las que se apresuran a revelar su trabajo específico en cuanto se sienten amenazadas por cualquier peligro. Al termitero hay poco menos que destruirlo para llegar a sus compartimentos más profundos, o sea a las habitaciones propiamente dichas, en las que se desenvuelve la vida íntima de sus esquivos habitantes, las mismas habitaciones que

al ser puestas al descubierto suelen llenarse completamente con los escombros.

Pues bien; los termes xilófagos, así llamados porque se alimentan de madera, no podrían digerirla si no se auxiliaran para eso de una microfauna intestinal que puede llegar a ser del 50% del peso total del insecto. El terme viene a ser así la habitación propiamente dicha, quizás mejor sería decir una bodega, y los protozoos que rellenan su vientre los habitantes en esta interesante simbiosis.

Tal mundo microscópico está formado principalmente de protozoos flagelados de los géneros *Trichonympha*, *Leidyopsis*, *Streblomastix* y *Trichomonas*, los que han sido objeto de un prolijo estudio por parte del profesor L. R. Cleveland, de la Universidad de Harvard.

De acuerdo con las experiencias del referido investigador, si se somete un terme xilófago a una determinada temperatura crítica para los protozoos, no siéndolo para el insecto, el terme los elimina muertos con sus excrementos. En tal caso no podría sobrevivir más de 10 a 20 días si se le nutre con celulosa únicamente, salvo que se le restituyan sus comensales. Así, con todo, la eliminación no es simultánea, pues tienen los referidos protozoos diferente grado de resistencia a los cambios de temperatura como al ayuno y a la oxigenación a que son sometidos durante estas experiencias.

El equilibrio simbiótico no queda bien en claro entre estos seres al considerar que, si en efecto, la simbiosis le encomienda al protozoo la tarea de alterar la composición de la celulosa, que el terme no puede hacer, hasta dejarla apta a la asimilación intestinal de éste, no se ve la reciprocidad obtenida por el protozoo en recompensa por su trabajo. Para esto, la partícula de madera debe ser primeramente ingerida por el protozoo, pues el insecto se limita hasta entonces a morderla y molerla. En seguida, una vez incorporada y transformada en el protoplasma del protozoo, es absorbida con protozoo y todo por el terme. ¿En dónde está, entonces, la reciprocidad de la asociación para que ésta sea de provecho tanto a uno como a otro de los asociados?

Hay, indudablemente, un estado de prepotencia de uno de los componentes de la simbiosis fundado acaso en el hecho de que la celulosa es sólo disgregada por el terme, entre tanto que el rizópodo, incapaz de despedazarla, tiene en cambio el poder

maravilloso de transformarla. Si fuera ineludible admitirlo así o, lo que es lo mismo, suponer que la disgregación de la madera sea obra del termito y su transformación química obra del protozoo, habría necesidad de reconocer que el precio de esta transformación, de tanto provecho para el organismo que sobrevive, es demasiado elevado para el que es sacrificado.

Si la simbiosis no se ve amagada a pesar de este consumo de protozoos, se cree que sea por la prolificidad del animal devorado que, al desaparecer cuando el termito lo ha ingerido, deja una numerosa descendencia de gérmenes que no tardan en desarrollarse para correr más adelante el mismo destino. De todas maneras, la supervivencia del germen sobre el protozoo adulto no puede dejar a nadie satisfecho acerca de este fenómeno para asimilarlo a los de una genuina y bien equilibrada simbiosis.

### SIMBIOSIS MIXTA DE TERMES CON HONGOS

Ocurre también que, cuando no es un protozoo el organismo que presta su cooperación para auxiliar al termito en la transformación de la celulosa, sea entonces un hongo cuyas esporas germinan nada más que en ciertas secciones o compartimentos del termitero. Para eso el hongo debe introducir sus hifas entre las fibras de la madera a las que altera hasta un grado que las deja en condiciones de ser digeridas y asimiladas por el termito. Son dos los hongos descritos hasta ahora que realizan esta transformación de la madera: el *Volvaria eurrhiza* y el *Xylaria nigripes*.

Las dificultades de determinar el proceso bioquímico de la transformación de la madera no provienen tanto de la forma microscópica como él se lleva a efecto dentro de una amiba imperceptible a simple vista, sino más bien del hecho de que no ha sido posible cultivar las esporas de los hongos fuera del termitero, por lo que es de suponer que cuando un grupo de termitos abandona su residencia para fundar otra colonia debe llevarse una cantidad de dichos hongos o, a lo menos, sus esporas, a fin de sembrarlas en aquellas partes más apropiadas a su germinación y desarrollo.

La reciprocidad del beneficio en esta segunda forma de simbiosis queda más a la vista que en la otra puesto que el hongo no se ve amagado en ningún momento por el termito, como ocurre con los protozoos, a los que el insecto se engulle conjuntamente

con la madera que ellos le han preparado hasta convertirla en una papilla asimilable. Aparte de esto, se ha logrado comprobar que el hongo no vegeta fuera de los termiteros, resistiéndose para hacerlo también en muchos de sus compartimentos por motivos que hasta ahora se ignoran.

Algunos biólogos estiman que sería inexplicable la supervivencia de los termites xilófagos sin ayudarse de la hipótesis de hacerlos descender de otros termites que no han llevado las precarias condiciones de vida a que ellos han llegado. Pero el tránsito evolutivo desde aquellos seres hasta estos otros, los termites de la actualidad, ha debido necesariamente efectuarse por etapas hasta llegar a la xilofagia típica de ahora. ¿Cuáles han podido ser esas formas de transición?

Una manera de alimentarse, predecesora de la xilofagia genuina de los termites contemporáneos, ha podido consistir en el consumo del humus constituido por la materia vegetal en disgregación y descomposición, material que en épocas anteriores ha debido ser más común, y acaso más nutritivo de lo que es actualmente.

El humus ha tenido que aparecer con la vegetación terrestre y, por consiguiente, anteceder a los insectos. ¿Por qué no había de ser así desde que el humus es una materia que debió comenzar a alterarse con la intervención de los bacterios y, tiempo después, con la de los vermes, organismos que han precedido a los demás animales por períodos de tiempo que sólo pueden apreciarse en muchos millones de años?

De que el humus es una materia nutritiva para los termites se puede demostrar con el hecho de que si a los termites xilófagos se les priva de la ayuda de los hongos con que viven en simbiosis no mueren ni dan demostraciones de decadencia mientras se les ayuda proveyéndolos de humus para que coman. De lo que se infiere que el humus viene a ser una especie de celulosa algo digerida por la inclemencia y una fuente de alimento repartida por todo el mundo; que ha debido ser más abundante en el pasado de lo que es en la actualidad y de la que se han debido nutrir de preferencia muchos seres de inferior organización de los cuales derivan con seguridad y por lenta transformación algunos de los que ahora pueblan el planeta y que aparentan no tener ninguna relación con ellos.

## ALIANZAS DE ERMITAÑOS CON ANEMONAS DE MAR

Ya se ha dicho, para recalcar la frecuencia con que se muestra el proceso de la simbiosis en la naturaleza, que el aislamiento biológico del individuo representa la excepción a la regla y que cuando este aislamiento no es más que aparente suele entonces serlo de carácter circunstancial y transitorio.

En efecto, al rastrear el mar es común encontrar, pero sólo esporádicamente, un ermitaño, cangrejo del grupo de los Paguros, instalado, como es la regla general, dentro de la concha vacía de algún molusco gasterópodo, proporcionada a su tamaño. El ermitaño puede ser chico, mediano o grande, pero nunca más grande que un bonito camarón de vega del género *Bithymis* o de río, del género *Astacus*.

Por cierto que el ermitaño, como todos los crustáceos decápodos, necesita despojarse periódicamente de su caparazón calcárea para sustituirla por otra un poco más grande que secreta su epidermis a medida que se lo exige su crecimiento. Y se comprende, entonces, que de tarde en tarde abandone su habitación en cuanto le queda estrecha.

Los paguros son animales de todos los mares cálidos y templados, cuya rusticidad les permite sobrellevar fácilmente la vida restringida de los acuarios. Lo que equivale a decir que han sido objeto de curiosas y sostenidas observaciones de sus costumbres. Su desarrollo y su propagación en donde, como en los acuarios, encuentran fácilmente el alimento, no se realizan, sin embargo, con la normalidad que pudiera suponerse si no dispone el animal de una nueva habitación proporcionada a su tamaño. Hay que procurarle, de consiguiente, mientras vive en cautividad, las conchas vacías que habría de buscar afanosamente, de vivir en libertad. Su propagación facilitada de este modo hace que las conchas vacías no tarden en ser ocupadas y que cada ermitaño se mantenga perpetuamente al acecho del que lo aventaja en edad y en tamaño para trasladarse a la habitación que mejor le cuadre de las abandonadas por sus semejantes.

Por lo regular el ermitaño la ha buscado de antemano y es de creer que tan pronto la encuentra se resuelva a desprenderse de la que ha llevado hasta entonces consigo. A menudo anda por ahí otro paguro más chico que la viene oteando y echando sus

cálculos para cuando quede desocupada. De todas maneras, el ermitaño, domiciliado en la concha de un fusus, de un murex, de una púrpura o de una voluta, para no citar los casos más conocidos de los mares de Chile, es un hallazgo imprevisible, de esos que salen en el rastreo del fondo del mar sin buscarlos, por lo que puede decirse con toda propiedad de tal animal que es un verdadero ermitaño puesto que rehuye toda sociedad, un cenobita condenado a no poder llevar un compañero o, mejor aún, una compañera a su habitación para que le endulce la vida.

Pero ha de ocurrir, sin que él lo quiera, que venga a acompañarlo, solamente desde afuera, una anémona de mar, es decir una Actinia o, mejor dicho, un celenterado de la clase de los Antozoos que se adhiere, como una flor abierta, sobre la concha para constituir una simbiosis con el ermitaño, tan rebelde hasta entonces a la asociación. A veces son varias las actinias que vienen a hacerle compañía, entre las cuales hay algunas de extraordinaria belleza al ojo humano. Al del paguro que lo tiene pedunculado, quién sabe si también lo sean. Un leve movimiento del agua apenas les ondula los tentáculos, muchas veces diáfanos, otras rosados o blancos, y que la anémona recoge apretándolos nerviosamente ante el menor peligro.

No se ha establecido todavía muy bien de dónde parte la iniciativa en esta entente pues, como se verá más adelante, la ventaja de la unión no puede quedar más patente para ambos asociados desde la primera ojeada que se les echa. Lo más probable es que la actinia no se quiera establecer sobre una concha vacía que cualquier animal que se frote con ella pueda volcarla quedando ella en mala posición, aun cuando sea más frecuente el hallazgo del ermitaño sin la anémona que con ella, como más frecuente es también que la actinia se adhiera a una piedra suelta o al fondo rocalloso del mar que a un organismo vivo.

Pues bien; otra cosa bien distinta es una concha que se mueve de un lado a otro y que camina resueltamente manteniéndose en la misma posición, pues el cangrejo que la habita se afirma a sus oquedades interiores mediante los apéndices de su cuerpo blando que, de este modo, esconde y protege de la voracidad de los peces, ayudándose para caminar con su casa a cuenta de sus patas anteriores, las que saca de su escondite para merodear con la destreza y rapidez de una jaiva o de un camarón.

Como se ve, el ermitaño no podría vivir sin esta protección

## LAMINAS



Fig. 1 Mutualismo de la salvia  
y de la abeja.

a. La abeja recogiendo el  
polen

b. La abeja fecundando el  
estigma de otra flor.



Fig. 2 *Silene nutans*

1. La inflorescencia durante el día

2. La inflorescencia durante la noche

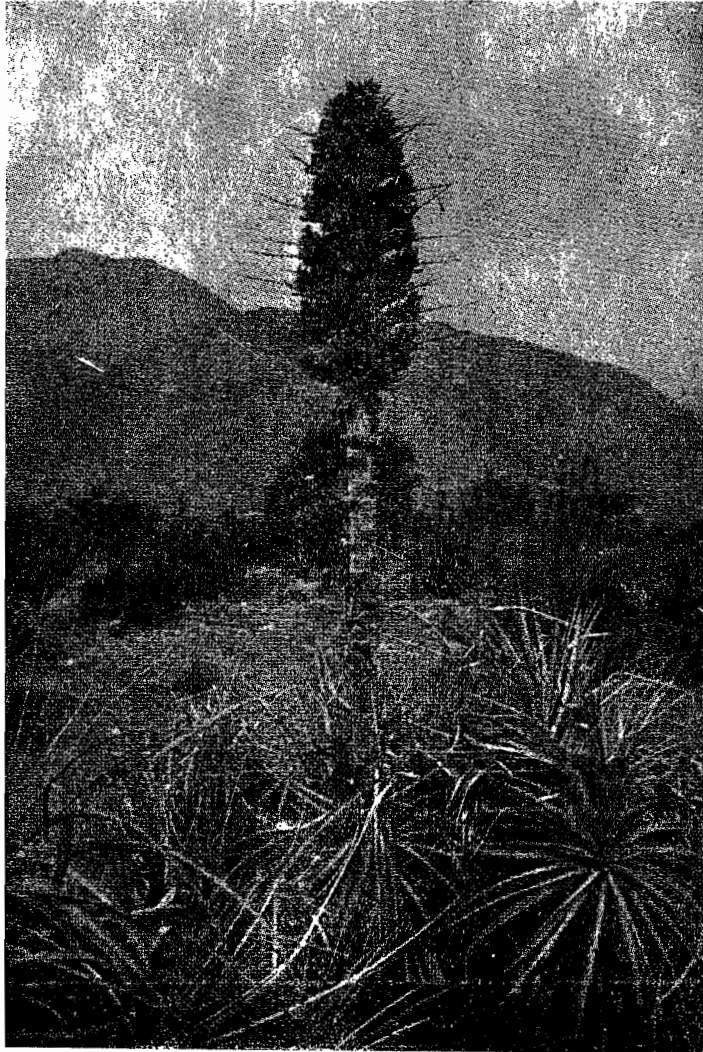


Fig. 3 El chagual (*Puya caerulea*) planta ornitófila que vive en mutualismo con el tordo (*Curaeus aterrimus*) su agente de polinización.

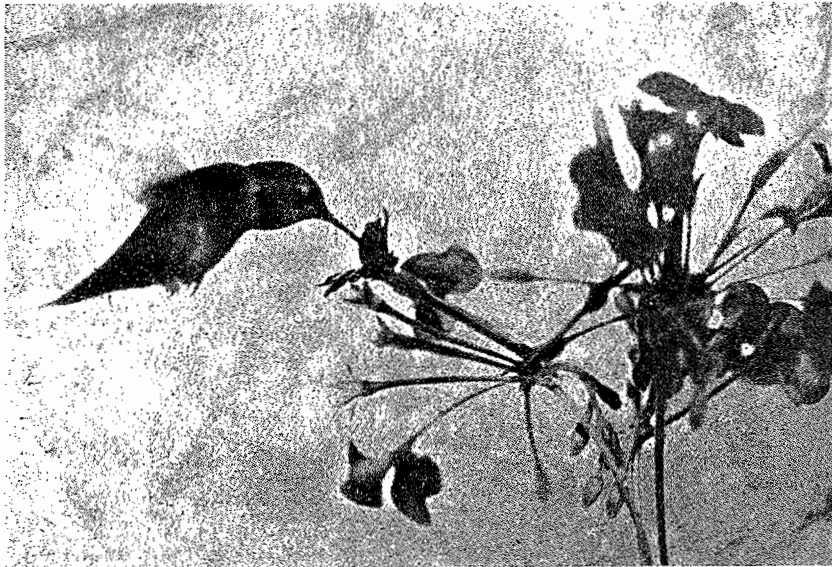


Fig. 4 El picaflor no necesita reposar para recoger el néctar de las flores con que completa su alimentación insectívora.

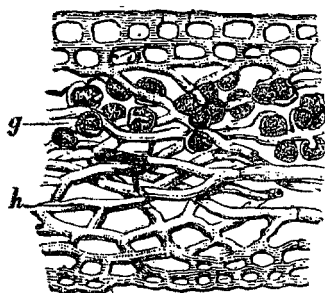


Fig. 5 Corte a través de un líquen.  
 h. Hifas o filamentos del hongo.  
 g. Algas unicelulares.

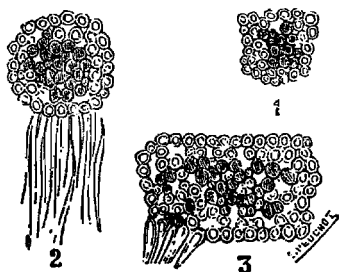


Fig. 6 Tres fases del desarrollo de un soredio.  
 1 Trozo del tejido cortical del hongo con algunas algas al centro.  
 2 El cuerpo anterior con filamentos o rizoides.  
 3 El soredio en pleno desarrollo para tomar la forma de líquen.

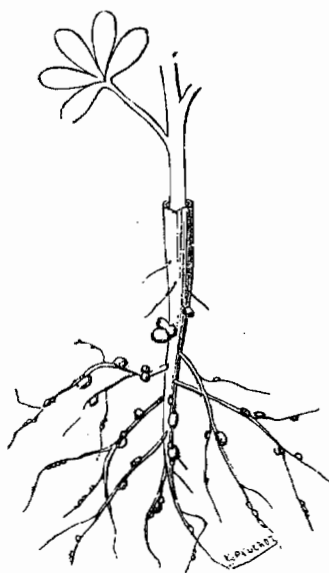


Fig. 7 Una raíz de lupino  
cargada de nudosidades.

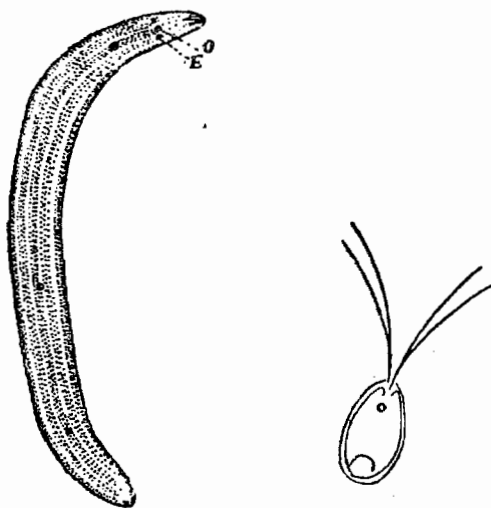


Fig. 8 *Convoluta roscoffensis*, verme platelminto, habitante de algunas playas europeas en simbiosis con un alga clorofícea. A la derecha el alga aumentada 150 veces.

del caracol vacío para burlar la persecución de que es objeto de parte de animales que ven en su blanda contextura, y quién sabe si recuerdan también su sabor, un bocado apetecible. Y, por vivir en una concha hueca que el azar le dispensó, corre con la locomoción de la que carece su hermosa compañera, la que con su cuerpo grácil y elástico apenas si recarga la habitación del dueño de casa.

En reciprocidad, la actinia le retribuye la movilización que tanto le facilita la búsqueda del alimento, engañando, desde luego, a los enemigos del ermitaño in habituados a toparse con actinias vagabundas y defendiéndolo en seguida más eficazmente mediante las glándulas urticantes de sus tentáculos. Pues ha de tenerse en cuenta que, a pesar de la pequeñez de tales órganos, como quiera que en cada tentáculo retráctil de una *Actinia mesembryantemum* hay más de cuatro millones de tales glándulas, estos órganos microscópicos son capaces de matar un alevín, es decir, un pez de pocos días de edad y de pocos centímetros de tamaño. Que en cuanto a los peces más grandes sólo consigue molestarlos y alejarlos, cuando menos.

Experiencias de acuario han demostrado, finalmente, que si se desprenden las anémonas de las conchas habitadas por los ermitaños dejándolas distantes de sus compañeros, se resisten a adherirse sobre las piedras u otros cuerpos sumergidos y se las ve en cambio predispuestas a buscar y a pegarse de nuevo en la misma concha de que fueron desprendidas, siempre que el paguro se ponga en reposo para que ellas puedan recuperar la perdida posición.

## INVERTEBRADOS DE COLOR VERDE

La existencia de pequeños animales de color verde, como las plantas, no es una particularidad para ningún mar ni para ningún río ni comarca de la tierra, salvo aquellas en que el calor excesivo o el frío excesivo excluyan por completo toda manifestación de vida. Amibas verdes, hidras verdes, gusanos y esponjas verdes hay por todas partes y aún se les encuentra en los mismos lugares habitados por las amibas, las hidras, los gusanos y las esponjas incoloras y, como puede comprobarlo quien lo quiera sirviéndose de una lente de aumento, los animales teñidos de color verde no son sino simbiosis de dichos organismos con algas

clorofíceas unicelulares que, a veces en gran número, se asocian para vivir con ellos con tanta frecuencia como en régimen de riguroso aislamiento.

La más común de todas esas algas es la *Chlorella vulgaris*, alga plebeya como ninguna otra y que vegeta indistintamente ya sea por separado, formando colonias, o en simbiosis con una multitud de animales invertebrados del agua dulce y de los suelos húmedos.

Pero el caso más curioso de simbiosis de este tipo tal vez sea el que ofrece un verme platelminto, circunscrito a unas reducidas áreas de las playas europeas, el *Convoluta roscofensis*, al que no ha sido posible encontrar, salvo en su período juvenil, privado de la compañía de un alga clorofícea de extraordinaria pequeñez, no más grande que el más diminuto grano de clorofilo de las plantas pluricelulares.

Se trata de un gusano aplanado, de medio centímetro de largo a lo más, levemente arqueado en media luna y recorrido en toda su longitud por cinco franjas de miriadas de algas globiformes y, como ya se dijo, de una pequeñez incomparable con la de ninguna otra.

Como bien se sabe, todo el grupo de los platelmintos está constituido por gusanos sumamente voraces y de actividad nocturna, salvo el convoluta, que lleva una vida diametralmente opuesta pues, lejos de aislarse como los demás, forma colonias numerosísimas y no vive mayormente preocupado de atrapar sus alimentos al estado sólido del momento que la simbiosis lo dispensa de hacerlo.

Cada 15 días el convoluta pone sus huevos en grupos de 6 a 8, los que quedan formando un paquete rodeado de una membrana común y que el gusano entierra en la playa que la marea cubre y descubre alternadamente. Al cabo de 5 días después de la postura, de cada huevo nace un convoluta mucho más pequeño, por cierto, que su progenitor y desprovisto de color verde. Es, pues, una especie de larva incolora y transparente pero bien parecida a la forma adulta, salvo en la boca pequeña provista de cilios y con la que atrapa cuanta partícula alimenticia se pone a su alcance. Y poco a poco, a medida que se desarrolla, va ingiriendo esas algas flageladas que flotan en el agua del mar y sin las cuales no se ve cómo podría seguir nutriéndose y creciendo

pues se ha podido comprobar que cuando se le entorpece este proceso el verme no tarda en perecer.

Como muchas veces bastan unas pocas horas para que un convoluta joven incorpore las algas que necesita para no morir y mantener el ritmo de crecimiento requerido por su desarrollo, puede establecerse que, en cuanto ha logrado ponerle término, el convoluta queda en condiciones de prescindir en lo sucesivo de todo alimento sólido del momento que la simbiosis con el alga le permite abastecerse de los hidratos de carbono provenientes del proceso de la asimilación.

En realidad, algunas de las infinitas algas unicelulares que se asocian al gusano son digeridas por él, antes y después de dejarse nutrir casi exclusivamente por ellas, pero de la inmensa mayoría no puede decirse lo mismo. La simbiosis las acoge hospedándolas en orden y deben sentirse tan bien recibidas que no tardan en multiplicarse por división después de perder los flagelos con que se han incorporado al interior del animal y que, desde ese mismo momento, ya no le sirven para nada. Por lo demás, es tan rápida la multiplicación de las algas que el color verde se expande con apresuramiento; se diría que se deslía como una gota de tinta en franjas longitudinales que se estrechan sin juntarse, concluyendo por darle un colorido uniforme al animal.

Lo más interesante de este caso de simbiosis lo ofrece la circunstancia de que el verme abandone su domicilio habitual, dentro de la arena de la playa, nada más que a la hora precisa de la baja mar, o sea cuando la marea se recoge aguas adentro para volver en seguida a invadir la playa seis horas más tarde.

Se interpreta esta actitud del verme como la necesidad del alga de exponerse a la acción de los rayos solares a fin de poder asimilar o sea de darle ocasión a sus granos de clorofilo para fijar el carbono contenido en el aire, sin el cual el alga no podría elaborar almidón y azúcar.

Si la marea sube el gusano vuelve a enterrarse para que la alta marea no se lo lleve y si la asimilación del carbono se para, no deja por eso de alterar la vida provechosa de ayuda mutua entre los asociados. Cuando se llevan las convolutas a los acuarios no dejan de conducirse de la misma manera. Mientras dura la luz el gusano sale de su madriguera para que el alga trabaje por los dos. Al ocultarse la luz el gusano se esconde como

si lo amenazara la resaca aun cuando el acuario se mantenga en una quietud inalterable.

Es indudable que así como la flor llega a ser la obra más hermosa de la vida orgánica, pues es inconcebible para la mente del hombre una combinación mejor acabada y delicadamente armónica del mecanismo del amor, embellecido más aún, con el juego de los colores y con el perfume característico que parece darle un sello personal a cada flor, la simbiosis es, a su turno, la conquista más atrevida y de mayor provecho alcanzada por los organismos vivos.

Ella no sólo les permite afrontar con éxito las vicisitudes de la existencia mediante el refuerzo que significa la unión de varios seres para combatir por una causa común, sino también el hecho de sumar al esfuerzo de un individuo el de otro o más organismos disímiles con él, los que, de haberse mantenido separados podrían haber sido fácilmente vencidos. La simbiosis, además de asegurarles los medios de perpetuarse y perfeccionarse, les ha permitido, por estar unidos, llevar más lejos todavía las fronteras que circunscribían sus actividades.

De esta manera, si la flor es el espectáculo anunciador de una nueva vida que la Naturaleza ha cuidado dejar impreso con palabras inescritas e inimitables de su lenguaje mudo, la simbiosis viene a ser el mejor y más laborioso de sus triunfos. Es la más gloriosa de sus victorias porque, salvando muchas especies de su creación en peligro de perecer, ha implantado la alianza entre extraños combatientes, difundiendo el apoyo recíproco y la comprensión entre seres diferentes, reanimando a los que parecían vencidos y dando vida, en fin, una vida nueva, completamente nueva, a los que debían perderla irremisiblemente.

Por mucho tiempo se creyó que la crueldad más inmisericorde regía todos los actos de la vida y hasta se llegó a decir, observando los hechos más fundamentales de la Naturaleza, que era el egoísmo la sustentación de toda sociedad lo que, aparte de ser un aforismo paradójico, solía quedar contradicho a cada paso cuando la observación biológica era llevada con cuidado.

Es natural que los seres riñan. Que riñan tanto más cuanto más afines sean sus exigencias. Que riñan movidos por el hambre y por el amor y que sean los ejemplares más vigorosos y los más astutos, a veces los más hermosos, los que merezcan perpetuar

la especie. La riña y la astucia, como también la belleza, vienen a ser así factores de progreso y de perfeccionamiento.

Pero no son los únicos.

También se vence en la vida por la alianza entre dos o más seres que se complementan. En la que cada cual aporta al otro lo que le hace falta. Es un acierto frecuente el que realiza la Naturaleza al combinar el esfuerzo de un ser que languidece con las energías incompletas, vacilantes, pero sanas todavía, de otro ser que encuentra entorpecida su existencia y se halla incapacitado para salvarla por sí solo. Acierto que se ve recompensado con la vigorización del conjunto y el provecho inmediato y creciente obtenido por sus componentes.

Estas lecciones que le da la Naturaleza a la Humanidad se las encuentra, como ha quedado expuesto, por todas partes, como para que el hombre no pueda desentenderse de ellas. Aunque lo quiera.

Son otras de sus cosas hermosas que siguen siendo desdeñadas por aquellos de sus hijos que más necesitan aprovecharse de ellas.