

LA BIOLOGÍA DE PAPY

Un enfoque global de la biología, en el cual los conceptos de equilibrio y regulación se consideran como dos aspectos de un mismo problema

La biología moderna se basa en dos comprobaciones:

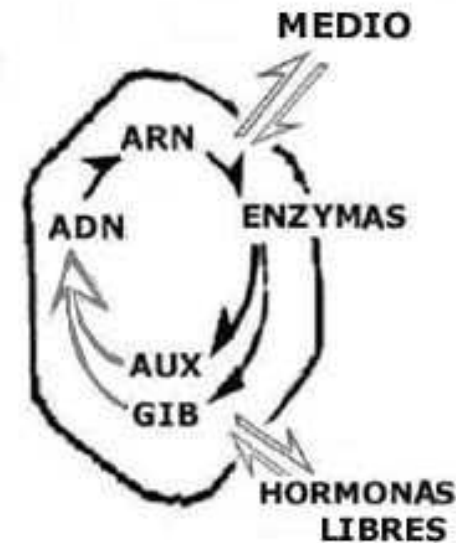
- El organismo vivo está constituido por células. Mejor: se constituye siempre al principio de una célula que, por divisiones sucesivas, da nacimiento a una multitud de otras células que poseen todas el mismo núcleo. Cuando se favorece esta manera de prever las cosas, se hace la "biología celular".
- El organismo vivo quema liberando gas carbónico, vapor de agua, sales minerales y energía. Se puede pues considerarlo como el resultado visible de una multitud de reacciones químicas, basadas en la química del carbono. Cuando se favorece esta manera de prever las cosas, se hace la "biología molecular".

En las últimas décadas, los avances en la investigación y las nuevas tecnologías han reunido en estos dos temas un gran cantidad de datos difíciles de usar, almacenados en bases de datos. Y la comunidad científica tiene ahora la obligación de desarrollar nuevos métodos, que permiten beneficiar de todos estos datos.

Actualmente, la solución preferida se denomina "biología de sistemas"..., biólogos, informáticos, matemáticos, físicos, bioquímicos y estadísticos trabajando juntos con el fin de entender, gracias a la tecnología informática y la nanotecnología, el funcionamiento de los organismos vivos, empezando por el más simple de ellos: la célula ...

Tengo hoy el placer de presentarles otra manera de prever las cosas. Al mismo tiempo molecular y celular, recurre a dos técnicas a las cuales los científicos no concedieron quizás suficientemente importancia hasta ahora: la reflexión y el sentido común. Su nombre: "la biología de Papy".
¿Prefigura la biología de mañana? Es todo lo que le deseo.

La biología de Papy representa un enfoque global del funcionamiento del organismo vivo... Simple para los unos, simplista para los otros, no difiere al final de la biología tal como se la concibe hoy, que por el hecho de que los conceptos de equilibrio y regulación se consideran como dos aspectos de un mismo problema. Se resume así:



Las flechas negras corresponden a reacciones de síntesis y degradación que requieren la intervención de enzimas específicas ...

Las flechas blancas indican que se trata de simples reacciones de intercambio de equilibrio de regulación

Un organismo vivo está en buena salud (pasa entonces normalmente del huevo al embrión, del embrión a la juventud, de la juventud a la edad adulta, a la vejez y a la muerte) en la medida en que la actividad fisiológica de las células que le componen es normal...

Está enfermo en la medida en que esta misma actividad fisiológica se desvía de lo normal por distintas razones:

- razones vinculadas a la naturaleza de algunos genes en el caso de las enfermedades genéticas,
- razones vinculadas a la naturaleza de algunos factores del medio en el caso de las enfermedades fisiológicas,
- razones vinculadas a la presencia de organismos patógenos (virus, hongos, bacterias, animales) en el caso de las enfermedades infecciosas.

En la biología de Papy, todo lo que pasa en el organismo vivo está en efecto directamente vinculado a la evolución de un equilibrio hormonal bien preciso: en el reino vegetal, lo constituye el equilibrio auxinas/giberelinas (AUX/GIB). Substancias misteriosas que actúan siempre, por todas partes y a todos los niveles, llamadas hormonas de crecimiento porque es estudiando el crecimiento de las plantas que se descubrieron, las auxinas y las giberelinas son en realidad productos residuales del metabolismo vegetal. Reflejan a su manera lo que pasa en la planta, un poco como los residuos que se encuentran en el estómago de un animal reflejan su régimen alimentario y sus condiciones de vida. Variando así en función de los tejidos, de la edad, del estado fisiológico de la planta y de las condiciones de medio ambiente, el equilibrio auxinas/giberelinas condiciona en la biología de Papy toda la actividad de los núcleos celulares. Es decir toda la síntesis de las enzimas. Es decir también todas las reacciones de síntesis y degradación cuyo conjunto constituye, a corto plazo, la actividad de las células, a más largo plazo la evolución de la planta.

ALGUNOS CONCEPTOS A RECORDAR

He aquí el sentido otorgado a los términos: biología, reacción química, célula, ADN, ARN, proteína, enzima, hormona, relación azúcares/nitrógeno... para limitar los malentendidos.

LA BIOLOGÍA.

Si abro mi diccionario, leo esto: "Ciencia de la vida, la biología trata de todas las manifestaciones del estado vivo, desde la reacción bioquímica hasta la vida en sociedad." El tema es muy complejo, cada aspecto de este estudio es tratado por una rama particular: bioquímica, citología, histología, fisiología, genética, etc, y cada una tiene sus objetivos, sus métodos, sus técnicas propias. Actualmente, bajo la palabra biología (general), se trata de los fenómenos vitales fundamentales, es decir, de la constitución química, de las estructuras y de la fisiología de las células, así que de la organización y del funcionamiento general de los seres vivos ". En resumen, y visto desde esa perspectiva, el enfoque que tiene hoy la biología del organismo vivo se basa esencialmente en dos comprobaciones:

1. El organismo vivo quema liberando gas carbónico, vapor de agua, sales minerales (cenizas) y energía. Así pues se puede considerar como el resultado visible de una multitud de reacciones químicas, basadas en la química del carbono.

Quando se favorece esta manera de prever las cosas, se hace la "biología molecular"...

2. El organismo vivo está constituido por células. Mejor: se constituye siempre a partir de una célula que, por divisiones sucesivas, da nacimiento a una multitud de otras células que poseen todas el mismo núcleo... Dos casos pueden ser considerado aquí: Después de cada división celular:

- las "células hijas" se separan y prosiguen solas a su pequeño retén de camino. Nos referimos entonces a un organismo dicho unicelular.

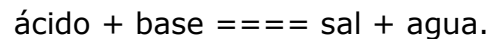
- las "células hijas" permanecen juntadas las unas a las otras, organizándose en un sistema más o menos complejo, capaz de asegurar

la perpetuidad de la especie. Se trata entonces de un organismo pluricelular... El enfoque que favorece este aspecto de las cosas se llama "biología celular".

EL CONCEPTO DE REACCION QUÍMICA.

Según el diccionario, "una reacción química es la transformación de una especie química en otra." Se caracteriza por un intercambio de moléculas, de átomos, de iones o de electrones..., las conexiones entre los átomos de las moléculas en formación debiendo obligatoriamente ser más estables que las de las moléculas iniciales".

"Algunas de estas reacciones no requieren al principio ninguna contribución exterior de energía. Se desarrollan espontáneamente tanto en el interior como en el exterior del organismo vivo. No específicas y reversibles, consiguen un estado de equilibrio que varía en función de las condiciones de temperatura y presión"... Ejemplo:



"Las otras reacciones químicas necesitan al principio una contribución exterior de energía y requieren por lo tanto la intervención de catalizadores específicos. No son pues ni espontáneas, ni reversibles, al menos naturalmente. En el organismo vivo, son catalizadas por las enzimas, grandes moléculas cuya la síntesis está garantizada por las células y la actividad sujeta a la influencia del medio. Conocidas bajo el nombre de reacciones enzimáticas, tienen un carácter altamente específico y se inscriben o en un proceso de síntesis (1), o en un proceso de degradación (2) "... Ejemplo



NB. En el enfoque que será hecho aquí de la biología (la biología de Papy), las reacciones del primer tipo se considerarán como reacciones de regulación... lo que parece bastante lógico puesto que, en nuestro mundo, un sistema que no equilibra no tiene más remedio que encontrar este equilibrio o romperse el tubo.

EL CONCEPTO DE CÉLULA.

Se acostumbra comparar la célula a una minúscula fábrica química cuyo suelo, paredes y techo están representados por las paredes celulares..., paredes cuya permeabilidad evoca puertas, ventanas, chimeneas y otros vertederos.

Esta fábrica esta enteramente informatizada. Su actividad es en efecto regulada por una clase de ordenador llamado núcleo. En este núcleo, hay una serie de discos que van generalmente por pares: son los cromosomas, hay un número mayor o menor de informaciones cifradas, los genes... El código utilizado se llama por lo tanto "código genético".

Estos genes, cuyo número varía de algunos centenares en los organismos más simples a varias decenas de millares en los organismos más complejos, representan pues el programa genético del organismo:

- Un programa que se transmite de generación en generación y que se encuentra en cada una de las células del organismo (los genes se duplican en cada división celular)...
- Un programa que, fuera de los períodos de división celular, condiciona todo lo que pasa en la célula garantizando la síntesis de las enzimas.

Fuera de los períodos de división celular, los genes están en efecto generalmente inactivos. Entran en actividad solamente en algunos momentos, en función de datos proporcionados por la célula (se considera hoy que algunas hormonas pueden desempeñar aquí un papel importante). Representan entonces la memoria viva del núcleo, memoria que condiciona a corto plazo todo la actividad de las células, y a más largo plazo todo la evolución del organismo.

ADN (ÁCIDOS DESOXIRIBONUCLEICOS)

Comparamos el núcleo de la célula con un ordenador cuya memoria se representaría por los genes.

Los genes se constituyen de ADN. Su número varía de algunos centenares para los organismos más simples a 30 ó 50000 en el hombre. Llevan en ellos toda la información que es necesaria al organismo para pasar de la fase unicelular (el huevo) al embrión, del embrión a la juventud, de la juventud a la edad adulta, a la vejez y a la muerte.

Este ADN se presenta en forma de largas moléculas en dobles cadenas, comparables a braguetas... braguetas un poco particulares por que poseen dos tipos de botones y ojales, indiferentemente colocados sobre una u otra cadena, pero siempre en correspondencia: los famosos grupos Adenina/Thymina y Guanina/Citosina, dichos AT y GC, que se basan en la atracción ejercida por un ion hidrógeno encargado positivamente (H +) sobre dos moléculas de cargas electronegativas.

Al igual que las braguetas, las dobles cadenas de ADN están generalmente cerradas: los genes se dicen entonces inactivos o reprimidos... Al igual que braguetas, estas mismas dobles cadenas se entreabren de vez en cuando: los genes se dicen entonces activos o dereprimidos. ¿Por qué? porque entreabriéndose, permiten a dichas enzimas ARN-polimerases sintetizar algunas moléculas de ARN, una sustancia vecina del ADN, de la que vamos a hablar ahora.

ARN (ÁCIDOS RIBONUCLEICOS).

El ARN se presenta en forma de largas moléculas en simples cadenas, imagenes bastante identicas a un poco de las dobles cadenas de ADN de las cuales se sintetizaron. Estas moléculas en seco sintetizadas van entonces a migrar hasta estructuras próximas al núcleo, los ribosomas, donde la información genética que transportan se descifrará y se transcribirá materialmente en proteínas.

Del hecho de que su estructura en doble cadena se base en la existencia de los grupos AT y GC, la molécula de ADN (la memoria ocultada de este ordenador que es el núcleo) tiene un carácter binario, del cual parece difícil hacer abstracción si se quiere incluir su método de acción (véase más lejos)... El problema del ARN (la memoria viva de este mismo ordenador) es diferente. Nos referimos a una molécula en simple cadena, caracterizada por una secuencia de cuatro moléculas (A, T, G, C). Ejemplo:

ADN 117 ATGCCGTATAATGATCGTTTCGATAATG
 TACGGCATATTACTAGCAAAGCTATTAC

ARN 117 TACGGCATATTACTAGCAAAGCTATTAC

PROTEINAS Y ENZIMAS.

Las proteínas son grandes moléculas alambicadas. Compuestas por veinte aminoácidos diferentes, poseen una estructura primaria, secundaria y terciaria que les confiere, tanto desde el punto de vista químico como fisiológico, una muy grande especificidad . Se las clasifica en tres categorías, en función de su importancia, de su solubilidad y del papel que juegan en el organismo: las proteínas de estructura, las proteínas de reserva, las proteínas activas o enzimas. Nosotros nos vamos a interesar por las últimas.

Relativamente pequeñas, solubles y móviles, las enzimas son clases de catalizadores orgánicos. Cada una inicia una reacción química muy específica en el interior de la célula. Estas reacciones se dicen enzimáticas. Se inscriben siempre en uno de los múltiples procesos de síntesis o respiración cuyo conjunto va a determinar, a corto plazo la actividad del organismo, a más largo plazo toda su evolución (crecimiento, diferenciación, reproducción, senectud, sensibilidad o resistencia a tal o cual enfermedad). De ahí el esquema bien conocido:

ADN - ARN - ENZIMA - REACTION BIOQUÍMICA

Queda por mencionar aquí una evidencia. Para que una de estas reacciones de síntesis o respiración tenga lugar, es necesario dos cosas:

- obviamente es necesario que la enzima correspondiente esté presente en la célula (dicho de otra manera, es necesario que sea sintetizada por el núcleo),
- es necesario también que sea activa.

Un viejo principio de filosofía dice en efecto: "se actúa como se es". Y las enzimas, por el hecho de su estructura alambicada, por su importancia (relativamente pequeña) y su solubilidad (relativamente grande), son muy sensibles a las condiciones de temperatura, de luz, de humedad, de pH, y bien obviamente de nutrición que reinan en la célula. Así:

- una enzima que formará parte del grupo de las celulasas podrá transformar la sacarosa en celulosa únicamente si hay sacarosa en la célula.
- podrá estar activa a 25°C, e inactiva a 18 o 30°C.
- podrá estar activa de día e inactiva de noche, si tiene como grupo prostético un pigmento coloreado excitado por algunas ondas luminosas (no parece que sea el caso de las celulasas, pero dejen de lado ese detalle).
- podrá estar activa cuando el organismo disponga de agua en cantidad suficiente, y ver su actividad retrasada o parada en período de sequía.
- podrá finalmente estar activa a pH 6 e inactiva a pH 7... .

Todos estos fenómenos que controlan la actividad enzimática son pues esencialmente fenómenos de equilibrio. Veremos más tarde que, en la biología de Papy, lo mismo sucede en lo que se refiere a los fenómenos controlando la síntesis de las enzimas.

EL CONCEPTO DE HORMONAS (VEGETALES).

Si abro de nuevo mi diccionario, leo ahora esto: "Se llaman hormonas vegetales sustancias producidas por los vegetales e indispensables para su crecimiento". Este análisis del problema hecho por nuestro buen

diccionario es un poco ligero, y puede ser útil añadir esto: Existen en el reino vegetal dos tipos de sustancias, sacadas las unas del metabolismo nitrogenado (las auxinas), las otras del metabolismo carbonoso (las giberelinas), y a las cuales se dio el nombre hormonas de crecimiento por que fue estudiando el crecimiento de las plantas, que se descubrieron. Moléculas simples, caracterizadas por un núcleo cíclico no saturado y relativamente fácil a sintetizar, se las encuentra en el comercio en forma de polvos solubles en el alcohol.

Auxinas y giberelinas tienen en común dos características:

- se pasean por la planta y se encuentran en todos los tejidos vegetales,
- actúan siempre, por todas partes y a todos los niveles, esta acción varía en función de la dosis utilizada, de la edad y del estado fisiológico de la planta, de las condiciones del medio y de las hormonas ya presentes en los tejidos. Siempre, es decir, al nivel del crecimiento, de la diferenciación, de la reproducción, de la senectud, de la sensibilidad o de la resistencia a tal o cual enfermedad... Por todas partes: es decir, en las raíces, los troncos, las hojas, las flores y los frutos... A todos los niveles, es decir, al nivel del metabolismo fundamental, del metabolismo intermedio y del aspecto fenotípico de las plantas...

La más conocida de las auxinas es el ácido indolacético o AIA. La más conocida de las giberelinas es el ácido giberélico o AG. Sus estructuras al igual que sus cadenas de síntesis hacen pensar que son respectivamente vecinas de las serotoninas y de las hormonas esteroideas del reino animal.

LA RELACIÓN AZÚCARES/NITRÓGENO.

Las plantas jóvenes son pobres en azúcares y ricas en nitrógeno, las plantas viejas pobres en nitrógeno y ricas en azúcares. ¿Es el resultado de la selección natural, que las plantas jóvenes tengan mucha necesidad de nitrógeno para garantizar su crecimiento? ¿Las plantas viejas son diabéticas por naturaleza? No sé. Dicen que es así, porque es así. Lo que es cierto, es que este fenómeno condiciona la mayoría de las prácticas culturales, en agricultura (de manera general) y en arboricultura (en particular)... siendo el objetivo de estas prácticas el de obtener la mejor cosecha posible. Entendiendo que los árboles jóvenes no den frutas,

entendiendo que los árboles viejos den cada vez menos..., la conclusión es fácil de encontrar: es necesario mantener los árboles en estado de producir, es decir, en un estado fisiológico intermedio entre la juventud y la senectud... En otros términos, es necesario velar para que sus tejidos no sean ni demasiado ricos ni demasiado pobres en azúcares, ni demasiado ricos ni demasiado pobres en nitrógeno.

Cuando llega el invierno, cuando la subida de la savia se retrasa, el arboricultor toma su podadora y se pone a cortar sus árboles. ¿Necesita ramas delgadas para abastecer su chimenea? No realmente. Lo hace porque, suprimiendo una parte de las ramas, él suprime también las hojas que, en la primavera, se habrían puesto a brotar sobre estas ramas. Las hojas deben en efecto su color verde a la clorofila, pigmento que recoge energía luminosa para garantizar la síntesis de los azúcares que deben irse del gas carbónico presente en el aire y absorbido por los estomas, y del agua absorbida en el suelo por las raíces. Según la fórmula bien conocida:



En realidad, por un tamaño más o menos severo, el arboricultor pretende controlar la capacidad de sus árboles sintetizar los azúcares, en función de su edad, de su estado fisiológico y de la clase de cultura que quiere practicar. No estarán cortados sus árboles de la misma manera según que busque árboles que se pongán a producir rápidamente (árboles de tamaño reducido pero cuya duración de vida sea relativamente corta) o árboles de tamaño más importante, cuyo rendimiento sea más tardío y la duración de vida más larga..., según que sus árboles sean jóvenes o viejos..., según que el suelo sea más o menos rico en nitrógeno... etc.

Recuerden que los azúcares representan para las plantas, como para todos los demás organismos vivos, no sólo la fuente energética necesaria para toda actividad fisiológica, sino también el elemento de base indispensable para la fabricación de todos los demás componentes orgánicos (celulosa, lignina, grasas, proteínas, ácidos nucleicos, etc).

Y luego, cuando llega la primavera, este mismo arboricultor va a colocar abonos en el suelo. La vegetación reanuda. Es necesario que el árbol, gracias a sus raíces, encuentre ahora en este suelo todos los elementos minerales de los que tiene necesidad. Especialmente nitrógeno, complemento indispensable de los azúcares para la fabricación de las proteínas, ácidos nucleicos y otras sustancias nitrogenadas. Pero no en demasiada cantidad. Solamente lo que es necesario para garantizar su crecimiento cuando es joven, una buena cosecha cuando se vuelva adulto, o para darle una renovación de juventud cuando envejezca...

He introducido este apartado sobre la relación azúcares/nitrógeno en agricultura porque se sirve a Papy para estudiar la influencia de las hormonas sobre el desarrollo de las plantas.

LA HIPÓTESIS DE PAPY

Equilibrio y regulación, dos aspectos de un mismo problema: una hipótesis referente al método de acción de dos tipos de hormonas vegetales, implicadas en los fenómenos de regulación celular..

En mayo de 1965, Paul Papy, investigador de origen extranjero, es contratado por el INRA y destinado al laboratorio de fisiopatología vegetal de Dijon. Sus funciones: estudiar el método de acción de las hormonas vegetales de crecimiento en el caso de las relaciones huésped/parásito existentes entre una variedad de tomate y un hongo patógeno. Es menos de lo que se escribe en el contrato.

Con todo, el director del laboratorio lo sabe, Papy no se interesa realmente ni por el método de acción de las hormonas vegetales, ni por las relaciones huésped/ parásito mencionadas anteriormente. Quiere simplemente comprobar, en un caso particular elegido por casualidad, las conclusiones a las que ha llegado dos años antes redactando su memoria de final de estudios.

Estas conclusiones tratan del modo de acción de las auxinas y giberelinas, estas sustancias misteriosas llamadas "hormonas de crecimiento" que actúan siempre, por todas partes y a todos los niveles, y de las que ya hablamos. Se resumen de la manera siguiente:

"Las auxinas y las giberelinas, hormonas vegetales de las cuales conocemos solamente sus formas móviles, actuarían, una vez llegadas al término de su pase por la planta, las unas en los grupos AT, las otras en los grupos GC del ADN, su papel es en realidad garantizar la apertura selectiva de las dobles cadenas de ADN (la activación de los genes) por ruptura de las conexiones H+ que garantizan su estabilidad... Lo que se puede expresar de la siguiente manera: en un momento dado, en una célula dada, sólo serían activos los genes cuya estructura (la relación AT/GC) corresponde al equilibrio auxinas/giberelinas que reina en este

momento en esta célula ".

TRES OBSERVACIONES PRELIMINARES.

Esta hipótesis no prejuzga de ningún modo el método de acción de las otras hormonas vegetales, sustancias sin relación química con las dos hormonas consideradas aquí, y que tienen necesariamente por lo tanto una diferente actividad.

Ya no prejuzga los grupos al nivel de los cuales las auxinas y de las giberelinas actúan, o del hecho de que esta acción se ejerza sobre toda la longitud de las dobles cadenas de ADN, más bien que sobre su parte inicial, dicha "operador" en biología molecular. Porque es estrictamente incapaz, y que todo eso no tiene gran importancia por el momento.

Por último, por deseo de conveniencia, el término "hormonas" se aplicará hasta las formas activas de las auxinas y giberelinas, únicas sustancias que nos interesan aquí. Sus formas móviles se llamarán "hormonas libres".

¿ POR QUÉ ESTA HIPÓTESIS ?

Tenemos dado que el hecho de tratar una planta con auxina o con giberelina induce modificaciones profundas en el crecimiento, la diferenciación, la reproducción, la senectud, la sensibilidad o la resistencia de la planta a tal o cual enfermedad..., todos son fenómenos que resultan de una multitud de reacciones enzimáticas. Papy pensaba pues, como mucha gente en ese tiempo, que la acción de estas sustancias no podía explicarse sin pasar, aunque no por todas las enzimas, al menos por un gran número de enzimas.

Ahora bien había en esta clase de evidencia algo que obstruía a este hombre: la contradicción que existe entre el carácter no específico de las auxinas o de las giberelinas y la especificidad de las enzimas. ¿Cómo encontrar en efecto, en la infinita diversidad de las estructuras enzimáticas, estos lugares de acción, estos grupos químicos siempre

similares, que permitirían concebir una acción no específica de las hormonas a este nivel?

Llegó pues a esta conclusión, bastante lógica: puesto que una acción directa de las auxinas y giberelinas sobre las enzimas es difícil de prever, esta acción - puesto que es necesario que haya acción - debería ser indirecta. Auxinas y giberelinas actuarían entonces al nivel de sustancias que poseen una estructura no específica. Sustancias que a su vuelta deberían dar cuenta de la infinita diversidad de las estructuras enzimáticas.

Y se dice que la elección se limitaba aquí, que era necesario pasar por el ADN, su estructura en doble cadena, y más concretamente por los grupos AT y GC, directamente implicados en la síntesis de las enzimas.

De ahí la hipótesis anterior y los esquemas siguientes, a los cuales nos referiremos en permanencia a partir de ahora, puesto que constituyen el fundamento incluso de esto que es necesario llamar la 'Biología de Papy'

QUIÉN TIENE LA COLA DEL GATO TIENE AL GATO ENTERO...

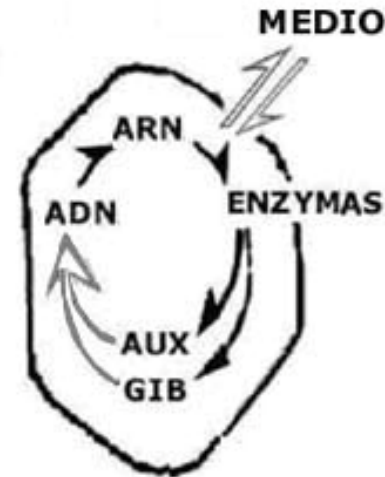
Para Papy, esta hipótesis no podía ser sino justa o falsa: era justa si las auxinas y las giberelinas actúan realmente al nivel de los grupos AT y GC del ADN, su papel siendo entonces controlar la actividad de los genes. Era falsa en todos los demás casos.

Si fuera falsa, sólo se añadiría una hipótesis más en el armario. Si fuera justa, representaría en cambio algo importante, porque permitiría comprender mejor, no sólo el método de acción de las dos principales hormonas vegetales, sino también en esa línea los fenómenos de regulación celular, el funcionamiento de la célula, el funcionamiento del organismo vivo, los conceptos de salud y enfermedad, los distintos tipos de enfermedad, y sin lugar a dudas de otras cuantas cosas.

Si la hipótesis corresponde a la realidad, se puede decir en efecto sin gran riesgo de equivocarse:

EN LO QUE SE REFIERE A LOS ORGANISMOS UNICELULARES:

1. En un momento dado, en una célula dada, sólo son activos los genes cuya estructura (la relación AT/GC) corresponde al equilibrio auxinas/giberelinas que reina en ese momento en esta célula. ¿Este equilibrio va a cambiar? Estos genes pierden su actividad a beneficio de otros genes, cuya estructura corresponde al nuevo equilibrio que reina ahora en la célula. Y resulta lo siguiente:



Las flechas negras corresponden a reacciones de síntesis y degradación que requieren la intervención de enzimas específicas ...

Las flechas blancas indican que se trata de simples reacciones de intercambio de equilibrio de regulación

- todo lo que pasa en un momento dado en una célula dada está directamente vinculado al equilibrio auxinas/giberelinas que reina en ese momento en esta célula,
- todo lo que pasa en una célula otorgada durante un plazo de tiempo dado está directamente vinculado a la evolución del equilibrio auxinas/giberelinas que reina en esta célula durante este mismo plazo de tiempo.

2. La regulación ejercida por estas dos hormonas sobre la actividad celular no puede ser absoluta. Sólo se refiere, en efecto, a la síntesis de las enzimas, la actividad de estas mismas enzimas que permanecen sujetas a la influencia del medio (del medio celular se entiende? ese a su vez influido por el medio exterior).

3. Sin embargo su papel es importante: al igual que todo fenómeno metabólico que se respeta, el equilibrio hormonal resulta de una actividad enzimática compleja (las giberelinas son resultantes del metabolismo carbonoso, las auxinas del metabolismo nitrogenado). Reflejan pues a su manera lo que pasa en el organismo, teniendo en cuenta su edad, su estado fisiológico y las condiciones de medio...

4. Este ordenador que es el núcleo no controla pues la síntesis de las enzimas simplemente en función de un programa preestablecido (el programa genético). Lo hace teniendo en cuenta las informaciones que le proporciona el equilibrio AIA/GIB sobre la fase de evolución de la célula, su estado sanitario, y las condiciones de medio.

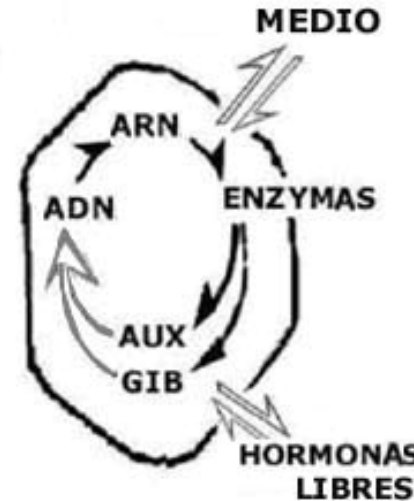
EN LO QUE SE REFIERE A LOS ORGANISMOS PLURICELULARES:

5. Todo lo que pasa en un momento dado en una planta dada está directamente vinculado al equilibrio auxinas/giberelinas que reina en ese momento en cada una de las células de esta planta.

- Todo lo que pasa en una planta otorgada durante un plazo de tiempo dado está directamente vinculado a la evolución del equilibrio auxinas/giberelinas que reina en cada una de las células de esta planta durante este mismo plazo de tiempo.

6. A diferencia de lo que pasa en los unicelulares, el equilibrio auxinas/giberelinas reinando en la célula no refleja aquí solamente el metabolismo de la célula. Dependiendo en gran parte de las hormonas libres, refleja también a su manera lo que pasa en todas las demás células de la planta. Estos mil millones pequeños ordenadores que constituyen los núcleos, y que son estrictamente idénticos en una misma planta..., estos mil millones de pequeños ordenadores pues se conectan

los unos a los otros y actúan en la red como lo hacen los ordenadores sobre los cuales golpean ligeramente los empleados de un banco o de una empresa bien llevada.



Las flechas negras corresponden a reacciones de synthesis y degradacion que requieren la intervencion de enzymas especificas ...

Las flechas blancas indican que se trata de simples reacciones de intercambio de equilibrio de regulacion

7. Las raíces tienen en cuenta las variaciones de temperatura o luz a las cuales se someten las partes aéreas de la planta... Los tallos o las hojas reaccionan a la mayor o menor cantidad de humedad del suelo, a las contribuciones de abono, o incluso a las fechorías de un hongo patógeno que combate las raíces.

8. Se puede finalmente añadir a esto: un organismo uni - o pluricelular que no responde a estas condiciones se eliminará vía selección natural, a menos que circunstancias excepcionales le permitan pasar el problema (véase algunos casos de simbiosis, parasitismo, o intervención humana).

Queda por saber en qué medida esta teoría puede corresponder a la realidad. De ahí esta nueva pregunta: ¿cómo comprobar esto?

¿CÓMO COMPROBAR ESTA HIPÓTESIS ¿

Para comprobar todo eso, Papy propone hacer lo siguiente: Se seleccionará una serie de plantas jóvenes: es necesario que tengan el mismo genoma, la misma edad, el mismo estado fisiológico, el mismo aspecto fenotípico. Se distribuirán entonces en lotes de cinco o seis individuos, lo más homogéneos posible. El primero de estos lotes se tratará con agua (será el lote testigo), los otros con soluciones de auxina o de giberelina, a concentraciones equivalentes y cada vez más fuertes. Y luego se esperará, el tiempo necesario para que el efecto de los tratamientos sea visible a simple vista (es mejor evitar las estadísticas)... Vigilando que todas estas plantas beneficien de las mismas condiciones de medio.

Al final de la experiencia, se tomarán fotografías, y se cosecharán separadamente las hojas y las raíces de cada lote para analizar... para analizar qué? Se verá bien. De todas formas, que la hipótesis sea justa o falsa, la evolución de las plantas testigas traducirá lo que habría pasado normalmente en todas estas plantas tanto en el metabolismo fundamental (actividad de los genes, síntesis de los ADN y de las enzimas) como en el metabolismo intermedio (síntesis y degradación de los azúcares, de las grasas, de las proteínas) o en el aspecto fenotípico de las plantas (crecimiento, diferenciación, reproducción etc). Y entonces de dos cosas quedará una:

1. La hipótesis es justa. Las auxinas y las giberelinas actúan realmente al nivel de los grupos AT y GC del ADN, controlando así la síntesis de las enzimas.

- Todo lo que pasó en las plantas testigo en el transcurso de la experiencia está pues vinculado a la evolución de un equilibrio auxinas/giberelinas endógeno complejo.

- Los distintos tratamientos modificaron este equilibrio natural en favor de las auxinas o de las giberelinas, con mayor fuerza si la dosis utilizada era más importante.

- Y los resultados obtenidos van necesariamente a demostrar que, cuando un tratamiento con la auxina hecho "blanco", un tratamiento con la giberelina hecho "negro", el fenómeno debe manifestarse cuanto más importante sea la cantidad aplicada.

2. La hipótesis es falsa. Auxinas y giberelinas no actúan al nivel de los grupos adenina/thymina y guanina/citosina del ADN. Lo que pasó en las plantas testigo no está vinculado a la evolución de un equilibrio auxinas/giberelinas endógeno. Sería necesario un milagro para que los resultados obtenidos correspondan a los resultados previstos.

El director que no cree en los milagros acepta. Sigue la elección del material. Papy no tiene preferencias. Si la hipótesis es justa, debe comprobarse en todos los casos y todas las condiciones. Es pues el director que decide. Será la variedad de tomate Supermande, sensible a la fusariosis, de la cual puede obtener semillas seleccionadas y homogéneas, y un hongo patógeno, el *Fusarium lycopersici*. Estamos en un laboratorio de fisiopatología vegetal. No es pues al nivel del crecimiento de las plantas que la hipótesis se comprobará, sino al nivel de la evolución de las relaciones huésped/parásito.

PRIMEROS EXPERIMENTOS.

Las primeras experiencias dan resultados mitigados, pero las cosas se arreglan en el otoño: los tratamientos con giberelina frenan, los tratamientos con auxina favorecen la evolución de la fusariosis

Un mes más tarde, las plantas están listas. Papy empieza a trabajar. Sin gran éxito al principio. Es el verano, y las experiencias que se suceden dan resultados mitigados.

Un mes antes de tomar las fotografías siguientes, todas estas plantas eran perfectamente idénticas. Habían llegado a la fase "4-6 hojas" y estaban listas para el experimento. Se les desmoldó entonces, y sus raíces fueron cuidadosamente lavadas. Las plantas que figuran en la primera fotografía se transplantaron simplemente: son las plantas testigo. Antes de transplantarse, las plantas que figuran en la segunda fotografía fueron inoculadas por remojo de las raíces en una suspensión de esporas de fusarium. El fusarium es un hongo que vive normalmente en el suelo. Se introduce en las plantas por las raíces, y poco a poco coloniza todos los demás órganos via los vasos conductores de la savia elaborada. Un camino bien adaptado: el acceso es fácil, la comida elegida y abundante... De ahí el método de inoculación mencionado anteriormente.

El día siguiente, todas estas plantas, sanas y enfermas, se distribuyeron en lotes de cinco individuos, y estos lotes fueron tratados:

- los primeros con agua (con nada), para que no se modifique el equilibrio hormonal natural de las plantas. Es el caso de las plantas en el centro de cada fotografía, que llamaremos "plantas testigo".
- los otros lotes con dosis crecientes de AIA, la auxina más conocida (yendo hacia la derecha a partir de la planta testigo)... y de AG, la giberelina más representativa (yendo hacia la izquierda a partir de este mismo testigo)... de tal modo que se modifica el equilibrio auxinas/giberelinas natural de estas plantas cada vez más, en favor de

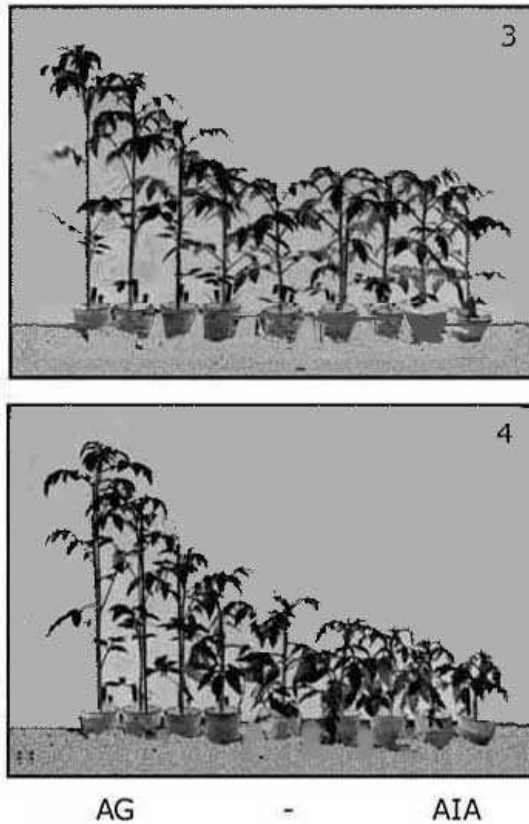
las auxinas (plantas a la derecha) o de las giberelinas (plantas a la izquierda).



Resultado: Si la influencia de los distintos tratamientos sobre el aspecto fenotípico de las plantas sanas no es sorprendente (corresponde a las descripciones que se puede encontrar en la literatura, fotografía nº 1)..., si puede también confirmar la hipótesis en el caso de las plantas enfermas tratadas con la giberelina (plantas a la izquierda sobre la fotografía nº 2: los efectos aparentes de la enfermedad van

reduciéndose hasta desaparecer completamente)..., plantea por el contrario seriamente una interrogante en el caso de las plantas inoculadas tratadas con auxina, los distintos tratamientos pareciendo sin efecto sobre la evolución de la enfermedad (plantas a la derecha sobre esta misma fotografía).

Al fin de octubre sin embargo se arreglan las cosas. La última experiencia realizada da finalmente los resultados previstos. Estamos en otoño. Las condiciones de medio son menos favorables a la evolución de la enfermedad...



Y si los tratamientos con AG (plantas a la izquierda sobre la fotografía nº 4) permiten siempre una mejor tolerancia de las plantas a la enfermedad, los tratamientos con AIA (plantas a la derecha) hacen ahora también prueba de eficacia, favoreciendo el ataque del fusarium.

Una sorpresa: en el transcurso de estas últimas pruebas, una planta inoculada con el fusarium es contaminada accidentalmente por el virus del mosaico del tabaco. Pero mientras las otras plantas del mismo lote presentan los síntomas clásicos de la fusariosis (tamaño reducido, epinastia foliar... ver las fotografías de plantas enfermas anteriormente mencionadas), la planta sobreinoculada con el virus del mosaico sólo se distingue de los testigos sanos correspondientes por los síntomas foliares del mosaico (yuxtaposición de gamas amarillas y verdes, haciendo pensar en un mosaico). Un mes más tarde, las hojas amarillean precipitadamente y caen. Los vasos conductores de la savia tomaron en los tallos y las raíces una coloración marrón, característica de las plantas alcanzadas de fusariosis.

EVOLUCIÓN DE LAS PLANTAS EN FUNCIÓN DE TRATAMIENTOS CON AIA Y AG

Los tratamientos con auxina retrasan la evolución natural de las hojas y aceleran la de las raíces... los tratamientos con giberelina tienen en todos los casos efectos opuestos.

Fomentado por estos resultados, se induce a Papy a empujar el tapón un poco más lejos. ¿Pero en qué dirección? Estudiar lo que pasa a nivel fundamental (ADN, ARN, enzimas) no está realmente en sus competencias. Pasará pues por el metabolismo intermedio, y más concretamente por el estudio del contenido en nitrógeno y azúcares de las plantas. Esto que, con un poco de oportunidad, no debería ser demasiado difícil... Se sabe en efecto que el contenido en azúcares y nitrógeno de los tejidos vegetales evoluciona con la edad y el estado fisiológico de las plantas. Y se puede pensar que esta evolución del medio en el cual se desarrolla el parásito sea al origen de los fenómenos observados. En 1953, R.W. LEWIS resumía en efecto la situación en estos términos: " The possible combinations of Foods present plus the capacity of the parasite to respond differently to these combinations account for the varying degrees of resistance and susceptibility not explicable in other terms. One can imagine combinations of metabolites that would permit any intermediate condition between complete resistance and complete susceptibility ". Es pues en esta dirección que se orientarán las investigaciones.

No voy a explicar en detalle este trabajo de hormiga. Se dice en resumen que estos trabajos, vistos bajo el ángulo de la biología de Papy, de esto que se sabe de la evolución de la relación azúcares/ nitrógeno en función de la edad de las plantas y datos proporcionados al tiempo por la literatura sobre el contenido en hormonas de los distintos órganos vegetales, conduce a las siguientes conclusiones:

- los tratamientos con AIA retrasan la evolución natural de las hojas y aceleran la de las raíces (renuevan las hojas y hacen envejecer las raíces).
- los tratamientos con AG tienen en todos los casos efectos opuestos, los efectos serán más importantes cuanto mayor sea la dosis utilizada.

tenores de azúcar y nitrógeno, dosados al principio y al fin de una experiencia, en mg por g de materia seca

TRATAMIENTOS		HOJAS	RAICES
AIA	NITROGENO	52 ----- 44	33 ----- 30
0		52 ----- 42	33 ----- 31
AG		52 ----- 40	33 ----- 32
AIA	AZUCAR	25 ----- 43	20 ----- 36
0		25 ----- 53	20 ----- 25
AG		25 ----- 64	20 ----- 16

Estas observaciones no son realmente sorprendentes. Confirman los datos proporcionados por la literatura según los cuales la senectud se traduce:

- en las hojas por un fenómeno de hipoauxinia (en términos de equilibrio, por una disminución del contenido en auxinas vinculada a un aumento del contenido en giberelinas)...
- en las raíces por un fenómeno de hiperauxinia (en términos de equilibrio, por un aumento del contenido en auxinas vinculado a una disminución del contenido en giberelinas)...

Todo esto puede parecer complicado. He aquí un pequeño esquema reuniendo todos estos datos y permitiendo comprender por qué un tratamiento con AIA puede muy a la vez "renovar" las hojas y hacer "envejecer" las raíces.

Este esquema se basa en el siguiente principio: toda planta se constituye al principio partiendo de una única célula, en la cual no puede

reinar más que un sólo equilibrio auxinas/giberelinas, y una única relación azúcares/nitrógeno. En vista de los resultados anteriores, se puede entonces pensar que este equilibrio conoce, a partir de las primeras divisiones celulares, una doble evolución:

- evolución en favor de las giberelinas en las células que van a dar nacimiento a las partes aéreas de la planta,
- evolución en favor de las auxinas en las células que van a dar nacimiento a las raíces.

El paso progresivo de las partes aéreas del huevo al embrión, del embrión a la juventud, de la juventud a la edad adulta, a la vejez y a la muerte correspondería entonces a una lectura progresiva de una mitad del genoma, vinculada a una evolución del equilibrio hormonal en favor de las giberelinas y consiguiendo la hypoauxinia puesta en evidencia en las hojas viejas.

	HUEVO	EMBRION	JUVENTUD	EDAD ADULTA	VEJES
HOJAS	AZUCAR ++ NITRO.. +++++	AZUCAR +++ NITRO.. +++++	AZUCAR ++++ NITRO.. +++	AZUCAR +++++ NITRO.. ++	
	AUX 40 GIB 60	AUX 30 GIB 70	AUX 20 GIB 80	AUX 10 GIB 90	
	AUX 50 GIB 50		+ AIA		
RAICES	AUX 60 GIB 40	AUX 70 GIB 30	AUX 80 GIB 20	AUX 90 GIB 10	
	AZUCAR ++ NITRO.. +++++	AZUCAR +++ NITRO.. +++++	AZUCAR ++++ NITRO.. +++	AZUCAR +++++ NITRO.. ++	

El paso progresivo de las raíces del huevo a la fase embrionaria etc correspondería a la lectura progresiva de la otra mitad del genoma. Lectura vinculada a una evolución del equilibrio hormonal en favor de las auxinas y consiguiendo la hyperauxinia puesta en evidencia en las raíces viejas.

LAS RELACIONES HUÉSPED PARÁSITO

Acción ejercida por el parásito sobre la planta huésped, en particular sobre la evolución de la relación azúcares/nitrógeno en las hojas y las raíces... Acción ejercida a cambio por la planta huésped sobre el parásito

Quedan por explicar las relaciones huésped/parásito observadas entre la planta y el fusarium de una parte, entre la planta y el virus del mosaico de otra parte, la conjunción de estos fenómenos debe en principio explicar lo que paso en el caso de la planta inoculada con los dos parásitos

Si se refiere a los esquemas relativos al funcionamiento de la célula (capítulo 05), se puede considerar que la planta está en buena salud en la medida en que su actividad fisiológica es normal..., que está enferma en la medida en que esta misma actividad se desvía de lo normal por distintas razones: razones vinculadas a la naturaleza de algunos genes en el caso de las enfermedades genéticas, razones vinculadas a la naturaleza del medio en el caso de las enfermedades fisiológicas, razones vinculadas a la presencia de un agente patógeno (animal, bacteria, hongo, virus) en el caso de las enfermedades infecciosas.

Es por este tercer tipo de enfermedades que vamos a interesarnos, con el enfoque privilegiado por Papy: la planta representa el medio en el cual hongo y virus tienen que desarrollarse...

- un medio que evoluciona,
- un medio cuya evolución se puede modificar por tratamientos hormonales convenientes,
- un medio que los dos parásitos harán evolucionar.
- un medio que, al evolucionar, hará evolucionar el parásito.

De ahí las dos facetas de los estudios que van a seguir:

- la influencia ejercida por el parásito sobre la planta/huésped, en

particular sobre la evolución del contenido de azúcares y nitrógeno de las hojas y raíces durante las experiencias..., en función de tratamientos con AIA y AG evidentemente, y en relación con los datos proporcionados por la literatura sobre el desequilibrio hormonal de los tejidos enfermos, - la influencia ejercida por la planta/huésped, dicho de otro modo la influencia del medio en el cual se desarrolla el parásito, sobre la evolución y el comportamiento respectivo del hongo y del virus.

Una observación adicional: según la literatura disponible al final de los años 60:

- la fusariosis causaría un aumento del contenido en auxinas en las hojas y una disminución en las raíces. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el caso de las plantas indemnes de enfermedad (capítulo 08), debería pues frenar la evolución de la relación azúcares/nitrógeno de las plantas enfermas.
- el mosaico del tabaco causaría una disminución del contenido en auxinas en las hojas. Debería pues acelerar la evolución fisiológica de estos órganos....
- ninguna indicación sobre lo que pasa en las raíces ha podido encontrarse, tampoco sobre el contenido en giberelinas de los tejidos enfermos, sea que tengan un virus o que padezcan de fusariosis.

ACCIÓN DEL FUSARIUM SOBRE LA PLANTA

La fusariosis frena en un primer tiempo la evolución de la planta. En un segundo tiempo el fenómeno se invierte, las hojas que enferman precipitadamente envejecen.

La evolución comparada del contenido en azúcares y en nitrógeno de las hojas sanas y enfermas de una serie "fusariosis" conduce a hacer tres observaciones:

Contenido en azúcares de las hojas sanas y enfermas de una serie "fusariosis", encontrado al comienzo y al final del experimento y expresado en mg por g de materia seca.

AG+++	14	72	14	46
AG+	14	69	14	53
0	14	60	14	72
AIA+	14	48	14	88
AIA+++	14	43	14	60

Contenido en N correspondiente.

AG+++	57	24,4	57	35,7
AG+	57	24,8	57	30,5
0	57	26,0	57	29,0
AIA+	57	28,7	57	28,6
AIA+++	57	33,0	57	32,2

Observación nº 1. En las hojas testigo, el contenido en azúcares aumenta con la edad de la planta mientras que el contenido en N disminuye..., siendo estos dos fenómenos más sensibles cuanto más fuerte sea la dosis de AG aplicada, y siendo más débiles cuanto más importante sea el tratamiento de AIA. Esto corresponde a los resultados ya obtenidos.

Observación nº 2. En el caso de las plantas enfermas tratadas a la AG (las menos afectadas), este mismo contenido en azúcares y en nitrógeno evoluciona como en las plantas sanas correspondientes, pero más lentamente. Esto hace pensar que las hojas enfermas son más jóvenes y más ricas en auxinas que las hojas sanas correspondientes (véase observación nº 1). Esto va también en el sentido de los datos proporcionados por la literatura (las hojas de las plantas alcanzadas de fusariosis son caracterizadas por un fenómeno de hyperauxinia).

Observación nº 3. En el caso de las plantas no tratadas y tratadas con AIA (las más atacadas), se asiste en cambio a un fenómeno opuesto. El contenido en azúcares al final del experimento en las hojas enfermas, del que podría esperarse que fuera más escaso que el contenido en azúcares de los testigos, es aquí claramente más elevado. El contenido en nitrógeno, del que podría esperarse estar más elevado, está casi equivalente.

En final de cuenta, estos resultados hacen pensar:

- que en un primer tiempo la fusariosis frena la evolución natural de las hojas enfermas, estas hojas siendo fisiológicamente más jóvenes que las hojas testigo correspondientes (plantas tratadas con AG, menos alcanzadas),
- que en un segundo tiempo el fenómeno se invierte, las hojas que enferman precipitadamente envejecen (plantas no tratadas y tratadas en AIA, más alcanzadas).

¿Por qué la planta enferma se renueva inicialmente? ¿Por qué envejece precipitadamente después? Si desean encontrar una respuesta a estos problemas existenciales, pasen al capítulo siguiente.

NOTA. El contenido de nitrógeno es proporcionado aquí por el método de Kjeldahl, que tiene en cuenta todo el nitrógeno orgánico presente en los tejidos: iones amonio, aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas de todas las clases, etc..., esto implica necesariamente una evolución lenta de este elemento en la planta... No es lo mismo para los azúcares, el método utilizado sólo tiene en cuenta los azúcares libres. Los azúcares integrados en grandes moléculas (almidón, celulosa, lignina, grasas, ácidos nucleicos, etc) no se proporcionan... estos permiten una evolución mucho más rápida de estos elementos.

ACCIÓN DE LA PLANTA SOBRE EL HONGO

En medio artificial, el fusarium causa una caída espectacular del contenido en azúcar, como en las plantas. Cuando envejece, sintetiza un pigmento que deteriora los vasos conductores de la savia, e impide la asimilación normal del nitrógeno por las raíces

Por curiosidad, Papy estudia también el comportamiento del fusarium sobre un medio artificial líquido agitado. Un medio simple, en el cual hace variar el contenido en azúcar (glucosa) y en nitrógeno (sal de amonio) invertido el uno y el otro, tal como pasa en la planta. Con los siguientes resultados:

En los primeros días, el hongo se desarrolla normalmente en todos los medios, presentando un aspecto blanco y floculento. El quinto día por la mañana, una sorpresa: los cuatro frascos que contenían el medio nº1 (el más rico en azúcar, y el más pobre en nitrógeno) tomaron durante la noche una coloración de rojo vivo, los otros conservaron su aspecto blanquecino... El sexto día por la mañana, segunda sorpresa: los cuatro frascos que contenían el medio nº2 a su vez tomaron esta misma coloración... Y cada noche, en cada medio, el mismo fenómeno se repite. El último medio, muy pobre en azúcar y muy rico en N, será solo una excepción a la norma. El hongo crece poco, tomando un aspecto marrón y gelatinoso.



El estudio al microscopio de los distintos cultivos pone de manifiesto que sobre los medios muy ricos en azúcar el fusarium se desarrolla de manera inusual. El hongo que se presenta normalmente en forma de largos filamentos enmarañados (el micelio) toma aquí la forma de pequeñas células redondas y aisladas que le dan el aspecto de una levadura, este microorganismo que transforma el azúcar en alcohol y que tiene tanta importancia para los viticultores. Y es así que, sin haberlo querido realmente, Papy encontró quizá la respuesta a las dos cuestiones planteadas anteriormente.

Cuestión nº 1: ¿Por qué la planta inoculada con el fusarium se renueva inicialmente?

El fusarium es un hongo llamado "imperfecto". Imperfecto por que no se le conoce otro método de reproducción que la reproducción vegetativa. Esto lo vuelve inclasificable, dado que se basó la clasificación de los hongos en su método de reproducción.

Las observaciones hechas al microscopio conducen entonces a plantear la siguiente pregunta: ¿Este hongo imperfecto no se vincularía con las levaduras? ¿En otros términos, no tendría, al igual que las levaduras, la manía de transformar los azúcares en alcohol?

- esto explicaría el escaso contenido en azúcares de las plantas enfermas y la cura de juventud involuntaria que les impone el parásito.
- explicaría también porqué las plantas tratadas con AG, ricas en azúcares, parecen mejor acomodarse de su presencia que las plantas tratadas con AIA.

Cuestión nº 2: ¿Por qué, en un segundo momento, la planta envejece precipitadamente?

Según los consejos del director de laboratorio, Papy va también extraer y purificar el pigmento responsable de estas sorpresas en cadena. Un pigmento sin duda conocido puesto que da a los cultivos viejos de fusarium una coloración roja/tirada a violeta tan habitual, que ni siquiera se le presta ya atención. Un pigmento que, purificado, cristaliza en largas agujas aceradas. Un pigmento con propiedades coloidales evidentes: soluble en medio ácido (toma entonces este color rojo del que hablamos), floclula en medio básico, tomando entonces un color violeta mucho menos atractivo. A fin de cuentas, un óxidoreductor potente sintetizado por el hongo que envejece, y que es probablemente el origen de los "síntomas vasculares de la fusariosis" (coloración marrón tomada con el tiempo por las células conductoras de la savia en las plantas alcanzadas de fusariosis).

¿Al contribuir a la degradación de las células conductoras de la savia en las raíces, este pigmento impide a estos órganos funcionar normalmente, de ahí un empobrecimiento de la planta en N?... ¿Al contribuir a la degradación de estas mismas células en los tallos, favorece el aumento del contenido en azúcares observado en las hojas

de las plantas más alcanzadas, los azúcares sintetizados en estos órganos ya no pueden emigrar normalmente en dirección de los otros tejidos? A falta de poder preguntarlo a la planta o al hongo, Papy se satisfará pues con esta respuesta como punto de interrogación, a fin de cuentas perfectamente lógica.

Observación. Hay una cosa segura: los medios mencionados anteriormente eran mucho menos ricos en azúcar al final que al comienzo del experimento, el solo desarrollo del hongo no puede explicar la amplitud del fenómeno. Papy intentó hacer dosificaciones de alcohol, pero tomándose quizá mal, sin resultado.

ACCIÓN DEL VIRUS SOBRE LA PLANTA

El contenido en azúcares de las hojas virosadas es más elevado que el de las hojas testigo..., el contenido en nitrógeno correspondiendo a los tejidos vegetales más escaso. La planta "envejece"

Lo que acaba de decirse acerca del fusarium y su propensión a transformar los azúcares en alcohol (o en otra cosa) va de todas maneras ayudarnos a incluir la relación tomate/VMT (virus del mosaico del tabaco).

El VMT, siendo un virus, está formado por un ácido nucléico y una cápsula proteica, dos constituyentes excepcionalmente ricos en N (160 mg por g de materia seca). Para desarrollarse, debe pues encontrar en los tejidos de la planta huésped grandes cantidades de nitrógeno. Se considera por ejemplo que en algunas hojas virosadas el 80 % del nitrógeno proporcionado está representado por el nitrógeno viral. De ahí estas dos consecuencias, casi inevitables:

- Las dosificaciones en N de las plantas enfermas no significarán mucho, desde el punto de vista que nos interesa, el método utilizado proporciona no sólo el nitrógeno de los tejidos vegetales, sino también el nitrógeno viral.

- Puede ser que los tejidos virosados sean más ricos en azúcares que los tejidos sanos correspondientes, fenómeno vinculado a la disminución del contenido en nitrógeno de los tejidos vegetales, lo que resulta lógicamente de la proliferación del virus y que explicaría la "hipoauxinia" que caracteriza las hojas enfermas. Un ejemplo :

Contenido en azúcares totales de las hojas sanas y enfermas de una serie "mosaico", proporcionado al comienzo y al final del experimento, expresado en mg por g de materia seca.

AG	25	64,8	25	71,4
-	25	53,0	25	59,7
AIA	25	42,6	25	47,3

Contenido en N correspondiente.

AG	52	40,6	52	40,5
-	52	42,2	52	41,7
AIA	52	43,7	52	44,0

En la serie testigo, el contenido en azúcares de las hojas aumenta con la edad de la planta, el contenido en N disminuye. Como siempre, AIA frena, AG acelera el proceso. El contenido en azúcares al final del experimento en las hojas enfermas es más elevado que el de las hojas testigo. El contenido en N es al parecer equivalente. Habida cuenta de la presencia del virus, el contenido en nitrógeno correspondiendo a los solos tejidos vegetales es pues seguramente inferior al contenido en N de las hojas testigo. Esto corresponde a los resultados previstos (véase apartado anterior)

ACCIÓN DE LA PLANTA SOBRE EL VIRUS

El virus al multiplicarse utiliza grandes cantidades de nitrógeno. Cuando el contenido en N de la planta/huesped se vuelve demasiado escaso, se para su crecimiento

Para explicar la influencia de la planta sobre el virus, Papy puede difícilmente recurrir a la astucia utilizada en el caso del fusarium. Un virus no se desarrolla sobre medio artificial. Es un parásito absoluto, que no puede sobrevivir fuera del organismo vivo. Y ve mal cómo explicar la cosa partiendo de la relación tomate/VMT.

Va pues a elegir una diferente planta/huésped: el tabaco. Una planta que conoce y que parece bien adaptada a esta clase de estudio. El

director del laboratorio y la mayor parte de su equipo estudian en efecto la influencia de la temperatura sobre la relación huésped/parásito existente entre el tabaco y este virus (véase la contaminación accidental por el VMT de una planta alcanzada de fusariosis).

El tabaco posee grandes hojas lanceoladas dotadas de pelos. Si se empapa una barra de vidrio en una suspensión de virus, y si se frota ligeramente la epidermis de una hoja con la barra en cuestión, algunos pelos van a romperse permitiendo al virus penetrar en la planta. Dos casos pueden entonces presentarse:

- caso nº 1: El virus se multiplica normalmente. Comienza por invadir la hoja, luego coloniza progresivamente toda la planta, raíces incluidas. Sin causar reacciones particulares, sino manchas blancas o amarillas que aparecen en la superficie de las hojas (de ahí el nombre de mosaico otorgado a la enfermedad), un crecimiento reducido y una mala calidad de las hojas que pierden todo valor comercial. Se dice entonces que la planta es sensible, o que pertenece a una variedad sensible al mosaico del tabaco.

- caso nº 2: Tres días después de la inoculación aparecen en los lugares de penetración del virus pequeñas manchas marrones, necróticas, de dos milímetros de diámetro. Estas manchas se rodean con una aureola amarillenta en la cual se puede detectar la presencia de virus. Pero este virus, privado de su envoltura proteica, está en estado latente, incapaz de invadir los tejidos vecinos que siguen siendo verdes y sanos. Esto a temperatura normal (20°C). Ya que si se coloca esta planta a una temperatura de 30°C, el virus hasta entonces inactivo vuelve a multiplicarse e invade ahora los tejidos vecinos. Una actividad que va a durar mientras que la planta permanezca en 30°C. Si se pone de nuevo esta planta a 20°C, se produce necrosis en los tejidos colonizados y una aureola amarillenta aparece al perímetro de las zonas necróticas. Una aureola que contiene virus, nuevamente incapaz de invadir los tejidos vecinos. Se dice que la planta es hipersensible al mosaico del tabaco.

Lo que es interesante en esta historia, es que se encuentra aquí, localizados en el espacio, tres acontecimientos que normalmente se suceden en el tiempo: hoja verde, hoja amarilla, hoja muerta. Con toda

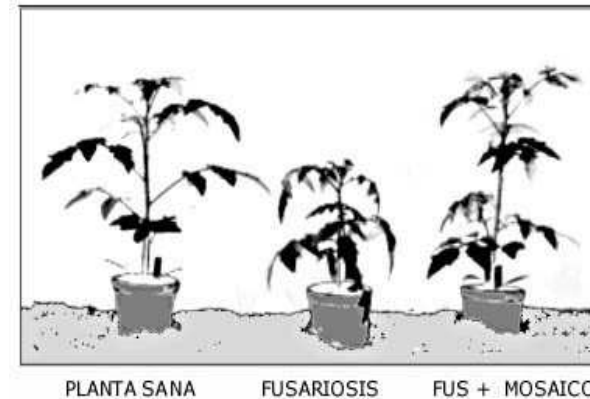
evidencia, el virus encuentra en las hojas hipersensibles un medio que le conviene muy bien. Aunque se multiplique de manera muy rápida. Tan rápida y tan intensiva:

- que los tejidos colonizados, literalmente vaciados de su nitrógeno, se mueren de vejez y se produce necrosis,
- que los tejidos vecinos, afectados ellos también, son ya tan pobres en nitrógeno que amarillean, dando prueba de un estado de senectud avanzado. De ahí la imposibilidad para las partículas virales que comenzaron a multiplicarse de acabar correctamente su crecimiento. Aquí está nuestro virus, a mitad constituido y perdiendo todo poder infeccioso, teniendo que esperar que un fenómeno exterior (un aumento de la temperatura por ejemplo) quiera dar a la planta una nueva juventud. Con su corolario obligatorio: una reactivación del metabolismo nitrogenado.

¿Es necesario precisar que Papy se tomó el trabajo de recuperar algunas plantas de tabaco las cuales necesitaba para estudiar su reacción a la auxina y a la giberelina, y para comparar el contenido en nitrógeno de plantas colocadas a 30°C con el de plantas permanecidas a 20°C?

UNA PLANTA SOMETIDA AL DOBLE ATAQUE DEL VIRUS Y DEL HONGO

La fusariosis y el mosaico ejercen sobre el metabolismo de la planta efectos opuestos. La planta alcanzada por estas dos enfermedades se lleva aparentemente bien.



Recuérdese: durante una experiencia, una planta inoculada con el fusarium es contaminada accidentalmente por el virus del mosaico del tabaco. Pero mientras que las otras plantas del mismo lote presentan los síntomas clásicos de la fusariosis, la planta sobreinoculada con el virus sólo se distingue de los testigos sanos por los síntomas foliares del mosaico. Un mes más tarde, las hojas amarillean precipitadamente y caen; el tallo y las raíces presentan los síntomas vasculares de la fusariosis

Historia de la biología.

La biología de Papy en el contexto de la biología moderna: La vida es un calzón cuyos ramales son la esperanza...

Esto que precede trajo como consecuencia que debe interpretarse el caso de la planta sujeta al doble ataque del hongo y del virus de la siguiente manera: al principio, el fusarium tiende a modificar el equilibrio auxinas/ giberelinas de la planta en favor de las auxinas (aumento del contenido en auxinas), el VMT en favor de las giberelinas (disminución del contenido en auxinas), y el equilibrio fisiológico del huésped se encuentra mantenido en un estado parecido del de los testigos. Así inhibida en su evolución, la fusariosis sólo alcanza un determinado grado de gravedad un mes más tarde. El equilibrio artificialmente mantenido se rompe entonces, los efectos de la fusariosis reforzando ahora los del mosaico (disminución del contenido en auxinas en los dos casos). De ahí el amarilleo y la caída de las hojas, dando prueba de una senectud acelerada... (metabolismo fundamental).

O en otros términos: al principio, el fusarium tiende a frenar la evolución natural de la relación azúcares/ nitrógeno de la planta, el virus a acelerarla, y el equilibrio fisiológico del huésped se encuentra mantenido en un estado parecido del de los testigos. Así inhibida en su evolución, la fusariosis sólo alcanza un determinado grado de gravedad un mes más tarde. El equilibrio artificialmente mantenido se rompe entonces (aumento de la relación azúcares/nitrógeno en los dos casos). De dónde el amarilleo y la caída de las hojas, dando prueba de una senectud acelerada... (metabolismo intermedio).

O en otros términos aún: al principio, el fusarium tiende a frenar la evolución general de la planta, el VMT a acelerarla, y el equilibrio fisiológico del huésped se encuentra mantenido en un estado parecido del de los testigos. Así inhibida en su evolución, la fusariosis sólo alcanza un determinado grado de gravedad un mes más tarde. El equilibrio artificialmente mantenido entonces se rompe, los efectos de la fusariosis reforzando ahora los del mosaico (aceleración de la evolución fisiológica de la planta en los dos casos). De dónde el amarilleo y la caída de las hojas, dando prueba de una senectud acelerada... (aspecto fenotípico).

1. La biología es una ciencia. Puede definirse como el conjunto de los conocimientos adquiridos por el hombre en un ámbito determinado. Pues fue de un nivel de conocimiento "cero" para orientarse hacia una clase de conocimiento "absoluto"... y se sitúa hoy en alguna parte sobre el largo y difícil camino que conduce a este conocimiento.

2. Esta ciencia se interesa por el estudio de los seres vivos. Los seres vivos están constituidos por células. Y el camino que conduce a este conocimiento pasa lógicamente aquí por las siguientes etapas:

1. el descubrimiento de la existencia de las células,
2. el estudio de las sustancias constituyentes de las células y el papel que desempeñan,
3. la comprensión del funcionamiento de las células
4. la comprensión del funcionamiento del organismo, y su pasaje progresivo de la fase unicelular al embrión, del embrión a la juventud, de la juventud a la edad adulta, a la vejez y a la muerte.
5. los conceptos de salud y enfermedad, las relaciones huésped/ parásito, etc

Y surge una pregunta: ¿dónde estamos hoy?

- Si el descubrimiento de la existencia de células se remonta a 1665 (Hooke) ..., la verdadera teoría celular, indicando que los organismos vivos están compuestos solamente de células, fue creada en 1839 con los trabajos de Schleiden y Schwann.

- La segunda etapa (el estudio de las sustancias que son componentes de las células y el papel que desempeñan) se ha avanzado de manera espectacular en las últimas décadas a través del desarrollo de la

transcriptómica, genómica, proteómica, metabolómica y regulómica (espero no olvidar ...).

- Este segundo paso parece ahora suficientemente avanzado para permitir a la comunidad científica internacional interesarse con entusiasmo en los pasos 3, 4 y 5 mencionados anteriormente, gracias a nuevos enfoques titulados biología integrativa, biología de sistemas, biología de predicción, biología teórica y biología sintética. Enfoques que tienen la ambición de entender y predecir el funcionamiento normal o anormal de la células, de los organismos complejos y de los ecosistemas, de acuerdo con las condiciones de medio y sus interacciones. Un trabajo a largo plazo, que requiere el establecimiento de medios muy importantes (ver la pagina "liens").

En este contexto, surge otra pregunta: ¿Es la biología de Papy simple o simplista? o en otras palabras: ¿Son las nociones de equilibrio y regulación realmente dos aspectos de un mismo problema, un hecho que los científicos deben un día necesariamente tener en cuenta?

En cualquier caso, "la biología de Papy" es sólo para el momento el pensamiento de Papy, un agrónomo jubilado que en su juventud pasó seis años en un laboratorio del INRA, sus funciones fueron estudiar el método de acción de las hormonas vegetales en el caso de las relaciones huésped/parásito existentes entre una variedad de tomate y un hongo patógeno. Un experimento que salió muy bien, pero que se ha deslizado por completo a la hora de publicar los resultados.

JOSEPHINE

PS. He titulado este documento "La biología de papy", porque Papy es mi padre, y para permitir a sus nietos, con todos todos los niños del mundo, decir, un día, estudiando sus lecciones: ¡ésa es la biología de Papy!