

-4 FEB. 1983

CIAT (COLOMBIA) 000035



SEMINARIOS INTERNOS

Centro Internacional de Agricultura Tropical



BIBLIOTECA

99723

SERIE SE-06-78
31 MARZO 1978

IMPORTANCIA PARA LOS PROGRAMAS DEL CIAT DE LA FIJACION
BIOLOGICA DE NITROGENO

Jake Halliday

RESUMEN

La crisis energética de 1973/1974 puso en evidencia el peligro de la sobredependencia en la utilización de combustibles fósiles. Estos son recursos no renovables y su precio y disponibilidad pueden fluctuar caprichosamente. De este hecho se han derivado algunos beneficios como lo son: la comprobación de que existe un entusiasmo renovador para estudiar la fijación biológica del nitrógeno con la finalidad de ahorrar energía y la consecución de fuentes de financiación para realizar tales estudios.

La plena explotación de la fijación biológica del nitrógeno en la agricultura es un ejemplo de cómo aplicar, en forma práctica, la estrategia de mínima



utilización de insumos la cual es una característica de la filosofía del CIAT. En esta presentación, podemos comparar el flujo y utilización de energía a través de sistemas de producción primaria, en los cuales el nitrógeno se suministra en forma de fertilizante con aquellos que utilizan la capacidad de fijar nitrógeno biológicamente.

Cuando estemos convencidos de las ventajas de la fijación biológica de nitrógeno, procedemos a examinar cual es el papel que está jugando actualmente y que podría jugar este proceso en los varios programas de investigación del CIAT.

Teóricamente, la reducción del dinitrógeno a amoníaco es exergónico, es decir, debería ocurrir con una liberación de energía libre de 9 Kcal. Esta es una aparente contradicción con respecto a lo que todos sabemos es un proceso que requiere el consumo de una gran cantidad de energía; el proceso ocurre debido a que uno de los participantes en la reacción, el hidrógeno, no existe como materia prima. El dinitrógeno, con casi cero de energía libre y una alta energía de disociación de uniones (224 Kcal), tiene muy poca tendencia a entrar en la reacción. Por lo tanto, la diferencia en costo energético de la fijación del nitrógeno por medios químicos o biológicos puede ser atribuida a las diferentes rutas por las cuales el hidrógeno es generado de la materia prima que lo contiene.

En las plantas leguminosas, la energía solar fijada durante la fotosíntesis es almacenada o puede ser translocada, a órganos respiratorios como

energía de enlace en los carbohidratos, de tal manera que, en general, flujo de energía y flujo de carbono son sinónimos. Los carbohidratos pueden ser utilizados directamente para el crecimiento de la parte aérea de la planta o bien, translocados para dar soporte al metabolismo de raíces y nódulos. Una porción de la energía del ATP y de los compuestos reducidos generados por la actividad respiratoria de los nódulos, sirve para efectuar la reducción del dinitrógeno a amoníaco, reacción catalizada por la nitrogenasa. El amoníaco es incorporado en los amino ácidos y transportado inicialmente al tallo; éstos son destinados a ser, finalmente, un componente de la proteína de las semillas. Esto constituye un requerimiento especial de carbono, desde que cada ótonio de nitrógeno es transportado unido a un esqueleto carbonado. La predominancia de compuestos con una relación C:N baja, como lo son la glutamina y la asparagina, que son moléculas transportadoras en las leguminosas; este proceso refleja una adaptación que favorece al máximo la economía en la utilización del carbono.

Otra alternativa en un sistema de producción de alimentos puede ser el caso de los cereales. En este caso, también hay fijación de la energía solar como energía de enlace en los carbohidratos. Sin embargo, mientras que las leguminosas pueden ser autosuficientes en cuanto al abastecimiento de nitrógeno, las plantas no leguminosas requieren nitrógeno combinado y en ellas, el costo en energía para la incorporación del nitrógeno está

asociado a la absorción y reducción del nitrato en raíces y/u hojas para sintetizar compuestos aminados. Como en las plantas leguminosas, estos compuestos nitrogenados al final forman parte de la proteína de las semillas. Cuando se hace un balance de costos de energía para la producción de proteína en los sistemas de producción que son diferentes al empleo de las leguminosas, se deben tomar en consideración los altos costos involucrados en el suministro de nitrógeno en forma combinada.

La denominación fijación "química" del nitrógeno es, a fin de cuentas, también biológica, puesto que los combustibles fósiles de los cuales depende, se originaron a través de la producción de carbohidratos por organismos fotosintéticos. El catabolismo de los carbohidratos genera hidrógeno gaseoso y energía de activación para la reducción del dinitrógeno a amoníaco, en el proceso Haber-Bosh. Algunos autores han querido comparar este paso breve en la reducción química (en el cual el hidrógeno es recuperado casi cuantitativamente como amoníaco) con el sistema biológico completo y -sin razón para sorprenderse- dicen que el sistema de fijación biológica de nitrógeno es extremadamente ineficiente. Otros investigadores han intentado comparar el paso correspondiente a la reducción del nitrato con el total del sistema biológico. La única comparación válida del costo de energía, para la producción de proteína, por las dos alternativas, debe estar basado en la ecuación de la materia prima. La energía en el sistema de utilización de leguminosas es la radiación solar

incidente y las pérdidas son la respiración en los tallos, hojas, semillas, raíces y nódulos. En las plantas no leguminosas, hay una doble dosis de radiación solar puesto que se están involucrando los sistemas fotosintetizadores actuales y los del pasado. Las pérdidas son: la respiración del organismo fotosintético original y un número no determinado de transiciones anabólicas durante el período de tiempo de la formación de los combustibles fosilizados; las pérdidas por calor en el proceso Haber-Bosh; transporte y aplicación; escurrimiento, lixiviación; crecimiento de malezas; nitrificación; denitrificación y finalmente, las pérdidas por respiración de los tejidos del organismo en crecimiento.

No hay datos disponibles que permitan hacer un análisis cuantitativo del gasto energético ocasionado por los dos sistemas, pero podemos hacer algunas estimaciones. Los gastos en el sistema químico son mayores que cuando se utilizan plantas leguminosas. No hay ninguna razón para suponer que las pérdidas de energía en las raíces y en la parte aérea, bajo los dos sistemas, sean sustancialmente diferentes. La respiración de los nódulos y la intensidad ligeramente mayor de respiración de las leguminosas son ampliamente superados por las pérdidas ya mencionadas. Si dentro del contexto se incluyen los elementos de contaminación ambiental resultante de estos componentes, resulta muy claro que la fijación biológica del nitrógeno es fundamentalmente más eficiente y ecológicamente más aceptable que la reducción química del nitrógeno.

Obviamente, los Programas de Frijol y de Ganado de Carne del CIAT están utilizando esta fuente biológica de nitrógeno debido al énfasis que ambos programas dan a las leguminosas. Pero, además de la conocida asociación del Rhizobium con las leguminosas, existen varios microorganismos, los cuales independientemente o en asociación con plantas superiores fijan nitrógeno en cantidades suficientes para considerarlas de importancia en la agricultura. Estos microorganismos también merecen ser investigados intensamente para evaluar la factibilidad de su explotación en el desarrollo de sistemas de producción que verdaderamente sean de "mínima utilización de insumos"