

CAMBIO DE ENERGÍA LIBRE EN LAS REACCIONES BIOQUÍMICAS POR IMPACTO ELECTROMAGNÉTICO

Leoncio Molina Vásquez¹

1. INTRODUCCIÓN

El valle de Moquegua abarca parte de la costa alta y zona de quechua, debido al cual tiene un clima cálido. Su temperatura media anual es de 18,7 °C; la media mínima 12,0 °C y la media máxima anual es de 21,9 °C (SENHAMI).

La atmósfera del valle presenta muchas partículas de polvo, como se demuestra en la captación de sólidos en suspensión de 45,5 mg dm⁻³/ 8 horas en la localidad de San Antonio. La velocidad de los vientos varía entre 0 y 7,1 ms⁻¹, siendo por ello suaves y en largos períodos de quietud, especialmente de diciembre a marzo. Presenta una fuerte radiación solar, siendo la humedad relativa promedio anual de 64,8 %.

El valle de Moquegua produce árboles frutales, maíz, papa, ají, tomates, alfalfa y otros. También existen molles y restos de flora silvestre.

En este valle se encuentra una línea de transmisión de energía eléctrica de 10 000 voltios que atraviesa cultivos y viviendas. Dentro de estas áreas existen dos cultivos de maíz forrajero experimentales (en la localidad de Homo), uno de maíz tierno y otro, de maíz maduro, atravesados por redes.

2. ONDAS Y RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Una línea de transmisión eléctrica se puede definir como un dispositivo para transmitir o guiar energía de un punto a otro. Básicamente tiene dos terminales que alimentan potencia y dos terminales que reciben potencia. Una línea de transmisión es también un dispositivo de cuatro terminales. En una línea de transmisión bifilar, o de dos conductores, los campos eléctrico y magnético no están confinados y se extienden teóricamente hasta el infinito.

La energía electromagnética queda establecida por un espectro electromagnético. Las longitudes de onda ionizan el aire y tienen efectos extraños sobre los organismos vivos, porque pueden variar las tasas de crecimiento de células o producir mutaciones en la descendencia de seres vivos.

Las radiaciones electromagnéticas son acumulativas, es decir, la radiación recibida permanece por un largo período de tiempo. Cuando se recibe radiación en pequeñas dosis no se siente ningún efecto inmediato, pero a medida que aumenta la cantidad, los efectos se hacen más pronunciados.

PROTECCIÓN BIOLÓGICA ANTE LA RADIACIÓN

Los métodos de protección son: el blindaje, como sucede en las salas para rayos X, donde se construye una pared o mampara forrada de plomo alrededor de los controles de la unidad de rayos X para protección del operador.

El segundo método de defensa es la distancia, debido a que la radiación electromagnética obedece a la ley inversa del cuadrado de la distancia. Por consiguiente, la distancia es un factor extremadamente importante cuando se encuentra una fuente de radiación electromagnética.

3. LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y LAS PLANTAS

La energía para mantener la vida en la tierra proviene de la luz solar (energía electromagnética), por acción directa en las plantas verdes e indirectamente, a través de otros organismos. La clorofila, gracias a su capacidad de absorber la luz del sol y convertirla en energía química, contenida en las moléculas simples de azúcar, constituye el vínculo de unión esencial entre casi todos los organismos vivientes y la energía electromagnética (solar).

1. Magister en Química.

Esta energía ejerce varios efectos simultáneos en la energía libre ΔG de las moléculas que producen la diferenciación de los tejidos y órganos. El competidor de esta energía es el agua por su influencia sobre la morfología y anatomía de las plantas.

Toda la energía solar que la tierra recibe está en forma de ondas electromagnéticas, las cuales varían de 290 nm a 5 000 nm.

El espectro visible que atraviesa la atmósfera comprende entre 390 nm y 750 nm. Con el fin de obtener el máximo de espectro, las plantas han desarrollado pigmentos especiales (clorofila, carotenoides, flavinas, etc.). El fototropismo se rige principalmente por las longitudes de onda azul violeta.

El infrarrojo cercano es importante para las plantas por su influencia en las hormonas que rigen la germinación.

Las radiaciones menores de 390 nm son demasiado cortas, pero son muy activas en determinadas reacciones químicas.

Las plantas no requieren estas longitudes de onda para su crecimiento y, en general, no resultan dañadas por ellas.

La base de comparación es la luz solar para la radiación electromagnética, aunque ésta no es de una intensidad fija, como sí lo son las líneas de transmisión eléctrica de las redes que son la fuente electromagnética de estudio.

En condiciones naturales no se otorga demasiada importancia a las variaciones de longitud de onda, por las siguientes razones:

- a) Cada proceso es sensible a las longitudes de onda luminosa, de manera que el análisis de la composición de ondas (amarillas, verdes, azules, etc.) es difícil de interpretar para cada proceso bioquímico.
- b) La influencia de la calidad luminosa en las plantas difiere tanto de una especie a otra, no precisando el papel fisiológico de las diferentes partes del espectro.
- c) Con las plantas terrestres que crecen en condiciones naturales, no se ha demostrado que las variaciones en la calidad luminosa sean lo suficientemente grandes para ser críticas como factor ambiental.

A pesar de las adaptaciones, por posición,

que sufran las partes de la planta, estas sólo necesitan una parte reducida de la energía solar disponible para ser absorbidas en la fotosíntesis.

En cada protoplasto la respiración es un proceso ininterrumpido por medio del cual los compuestos de carbono se oxidan para liberar energía y mantener la actividad vital. Cuando la planta no lleva a cabo la fotosíntesis, su peso seco disminuye progresivamente como resultado de la respiración; la cantidad de luz requerida para la fotosíntesis (ondas electromagnéticas) que puedan igualar el consumo respiratorio de los compuestos de carbono -es decir, para que el CO_2 no sea absorbido ni expulsado- se denomina punto de compensación electromagnética (luz).

En el tiempo nublado prolongado, la fotosíntesis puede retardar con respecto a las necesidades de respiración y las reservas alimenticias disminuyen. Es obvio que el crecimiento requiere del exceso de síntesis de la respiración, de tal forma que sus requerimientos mínimos queden satisfechos cuando la intensidad luminosa excede o ha excedido el punto de compensación de luz. Un incremento de luz origina un pequeño aumento en la tasa respiratoria, así como en la fotosintética, e incluso, el efecto neto del aumento de luz, a bajas intensidades, es benéfico, pues la tasa fotosintética aumenta mucho más rápido que la respiratoria.

La energía luminosa inadecuada ejerce una influencia dañina directa cuando los requerimientos respiratorios son mayores.

Cuando las hojas están expuestas a radiación electromagnética intensa (luz solar), los cloroplastos tienden a orientarse de tal forma que sólo un borde está expuesto a la acción directa.

En muchas plantas se ha observado que la intensidad luminosa está directamente correlacionada con la formación de antocianinas, y estos pigmentos que se localizan en las capas superficiales de las células, actúan como pantalla reflectora retardando la penetración de la luz en los tejidos subyacentes. Es decir, las plantas, ante el exceso o deficiencia de luz, tienen compensaciones que les permiten eliminar los riesgos de exceso o deficiencia de radiación solar.

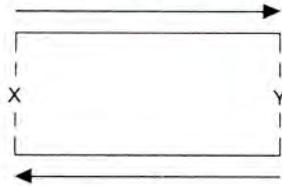
4. APLICACIÓN A REACCIONES BIOQUÍMICAS CONCERTADAS

Para la termodinámica, los criterios que se distinguen en un organismo vivo -crecimiento, reproducción, sensibilidad y sostenimiento de una

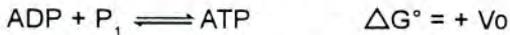
estructura altamente ordenada en un ambiente extraño- están relacionados con un gasto constante de energía libre. Esto significa que el organismo (que puede operar isotérmicamente) debe acoplar tareas endergónicas (ΔG positivo) a procesos exergónicos (ΔG negativo) más amplios.

La célula viva basa la permanencia de su viabilidad en la existencia de ciertos procesos altamente exergónicos (como la respiración o la fotosíntesis).

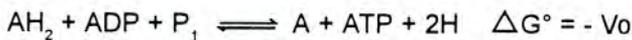
FIGURA N° 01: Procesos anabólicos.



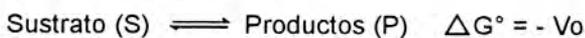
La bioquímica ha identificado el sistema y se ha determinado que es idéntico en todos los seres vivos. La reacción implicada es la síntesis del trifosfato de adenosina (ATP) a partir del difosfato de adenosina (ADP) y fosfato inorgánico (P_i).



El proceso exergónico "impulsor" es acoplado a esta reacción, la cual procede de modo espontáneo en la dirección de síntesis de ATP; mientras que el proceso endergónico contrario tiene lugar espontáneamente, acoplándolo, también, a la hidrólisis del ATP, para dar lugar a ADP y P_i . La unidad bioquímica muestra que, independientemente de la fuente de energía aprovechada por los organismos vivos (por ejemplo, los mecanismos de la fotosíntesis de los anaerobios que fermentan alimentos orgánicos), este tipo de reacciones, implican cambios de energía libre. La generación de ATP a partir de ADP y P_i se efectúa normalmente acoplada a un proceso de oxidación y el mecanismo por el cual un organismo obtiene energía, puede representarse por la ecuación:



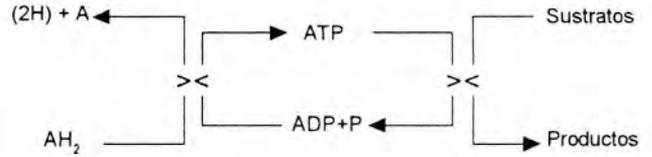
y los procesos anabólicos por:



La función ATP se puede designar:



Las funciones se pueden expresar en el diagrama:



Cuando se usa ATP, por ejemplo, en condiciones estándar modificados ($pH = 7$), puede efectuarse la síntesis espontánea de glucosa 6-fosfato a partir de glucosa, podría considerarse la reacción como el equivalente de la fosforilación de la glucosa acoplada a la hidrólisis exergónica del ATP.

Endergónicas	Glucosa + P_i	\rightleftharpoons	Glucosa 6-fosfato	$\Delta G^\circ = +13,8 \text{ kJmol}^{-1}$	
Exergónicas	ATP	\rightleftharpoons	ADP + P_i	$\Delta G^\circ = -31,0 \text{ kJmol}^{-1}$	
Reacción Neta:		Glucosa + ATP	\rightleftharpoons	Glucosa 6-fosfato + ADP	$\Delta G^\circ = -17,2 \text{ kJmol}^{-1}$

Realmente, no se produce o consume fosfato inorgánico cuando se transfiere un grupo fosfato del ATP a la glucosa en la reacción exergónica ($\Delta G^\circ = -17,2 \text{ kJmol}^{-1}$) catalizada por el enzima hexoquinasa.

5. RELACIÓN ENTRE ENERGÍA Y ENERGÍA LIBRE

La acción electromagnética genera diferencia de potencial en las plantas. Este cambio de energía ΔE se relaciona con el cambio de energía libre por:

$$\Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ$$

Además, como $\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$, el valor de ΔE° está relacionada a la magnitud de la constante de equilibrio termodinámico K_{eq} de la reacción de oxidación-reducción.

$$-nF\Delta E^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta E^\circ = \frac{-RT \ln K_{eq}}{nF}$$

Los componentes de los pares redox, en términos de sus concentraciones y no de sus actividades, los trataremos como una celda electromagnetoquímica.

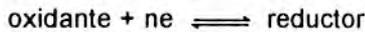
$$\Delta G = nF\Delta E_n$$

$$\Delta E_n = E_{n(\text{derecha})} - E_{n(\text{izquierda})}$$

Para facilitar la comprensión, ΔG se considera como la diferencia entre dos términos de energía, uno para cada par redox de la celda $\Delta G_{1/2}$ y sus valores se calculan a partir de la ecuación:

$$\Delta G_{1/2} = -nFE_n$$

Donde $\Delta G_{1/2}$ puede contribuir por completo a la reacción de la otra media célula; esto es:



para el par redox cuyo potencial es E_n

También se sabe que el potencial redox, de cualquier par, depende de su grado de oxidación:

$$\frac{nH_2}{2} + ox \rightleftharpoons red + nH^+$$

$$\Delta G_{1/2} = \Delta G^{\circ}_{1/2} + RT \ln \frac{[red] (H^+)}{[ox][H_2]^{n/2}}$$

Recordando que H_2 y H^+ son igual a 1, para el electrodo hidrógeno estándar el pH es cero y el hidrógeno presente a una presión atmosférica estándar es 1.

$$\Delta G_{1/2} = \Delta G^{\circ}_{1/2} + RT \ln \frac{[red]}{[ox]}$$

como $\Delta G_{1/2} = -nFE_n$

$$\Delta G^{\circ}_{1/2} = -nFE^{\circ}$$

$$\Delta G^{\circ}_{1/2} = -nFE^{\circ}$$

se tiene $-nFE_n = -nFE^{\circ} + RT \ln \frac{[red]}{[ox]}$

$$E_n = E^{\circ} - \frac{RT \ln [red]}{nF [ox]}$$

$$E_n = E^{\circ} + \frac{RT \ln [ox]}{nF [red]}$$

usando concentraciones en vez de actividades

$$E_n = E^{\circ} + \frac{RT \ln [ox]}{nF [red]}$$

Esta ecuación, conocida como la ecuación de Nemst, expresa que si la mayor parte del par redox está presente en forma oxidada, mayor será la tendencia oxidante del par (valor de E_n más positivo).

Cuando el oxidante y el reductor de un par redox están presentes en igual concentración, el término $\ln \frac{[ox]}{[red]}$ es igual a cero.

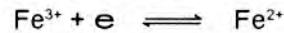
Cuando la presión atmosférica es 101,325 kPa y el pH es cero, el potencial redox (E°) es por definición 0,00V; pero si cambia la actividad de los iones hidrógeno $pH \neq 0$, entonces el nuevo potencial redox tiene el valor E_n .

$$E_n = E^{\circ} + \frac{RT \ln (H^+)}{nF (pH_2)}$$

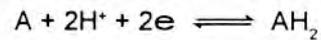
$$E_n = -0,059 \text{ pH}$$

6. EFECTO DEL En EN EL pH EN CUYA REACCIÓN INTERVIENEN IONES H⁺

En muchos procesos redox interviene sólo la transferencia de electrones p.e.



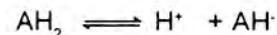
pero en muchos sistemas biológicos también interviene una transferencia simultánea de iones H^+ .



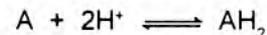
Como el H^+ es un participante en esta reacción, el E_n de este par debe verse afectado por la actividad de los iones hidrógeno en el medio. De hecho, en este ejemplo, E_n está relacionado con E_o por la siguiente ecuación:

$$E_n = E_o - 0,059 \text{ pH}$$

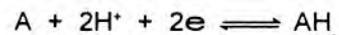
En aquellos casos en los que el reductor del par redox es capaz de disociarse como ácido débil - como ocurre con muchas sustancias biológicamente importantes- la situación es más compleja porque la disociación está determinada por el pH. Supongamos que el reductor AH_2 se disocia como un ácido débil biprótico.



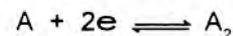
AH_2 permanecerá totalmente sin disociar sólo en medios cuyo pH es de 6 a 7 y sólo en estos pH "ácidos" tiene lugar la reacción redox neta.



Mientras de pH 9 a 10, AH_2 está completamente disociado en H^+ y AH^- , la reacción neta será:



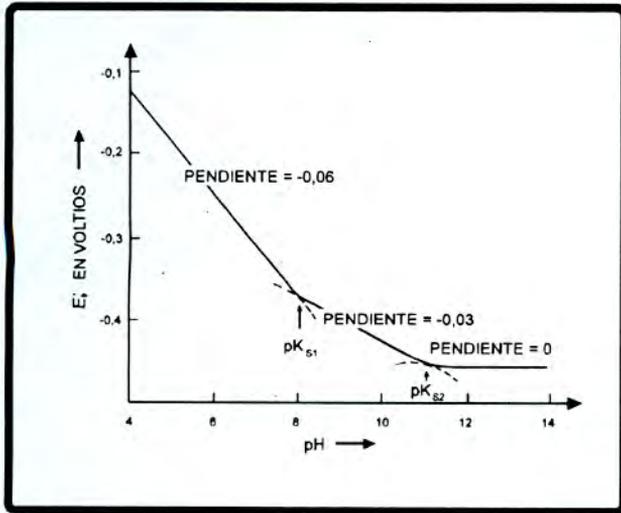
a pH mayores de 12 a 13, AH^- se disocia completamente y la reacción redox es:



Se ha comprobado que cuando intervienen dos protones en la reducción de una sola molécula de oxidante ($pH < 7$) la curva es lineal.

Para determinar los cambios, se usan indicadores redox. Cualquier materia coloreada (geranio) que se comporte como un par redox reversible puede usarse como un indicador redox, si sus formas oxidada y reducida difieren en color. Los colores deben ser lo suficientemente intensos como para poder usar el colorante en una concentración tan pequeña que su adición a la mezcla de ensayo no cambie significativamente el potencial redox.

GRÁFICO N° 01: Efecto del cambio de pH en el valor de E_0 a 303 K para el par redox A/AH_2 , cuando AH_2 es un ácido biprótico muy débil, con valores de pK , de 8 y 11.



Si el potencial redox E_n de la planta vegetal a ensayar es E_n en las formas reducida y oxidada del indicador a 298 K, se ajustarán de forma que coexistirán en el equilibrio de la mezcla en las concentraciones dadas por la ecuación.

$$E_n = E_{o(Ind)} + \frac{0,059}{n_{(Ind)}} \log \frac{Ind [ox]}{Ind [red]}$$

Donde E_o es el potencial redox del punto medio del indicador y donde $n_{(Ind)}$ para muchos indicadores redox orgánicos son casi siempre iguales a 2.

Esto significa que un indicador redox no cambia repentinamente de color según se cambia el potencial redox de su medio. El cambio de color es progresivo y se extiende en todo un margen de valores para el potencial redox, el cual se conoce como el "margen de transición" o "intervalo de cambio de color" del indicador.

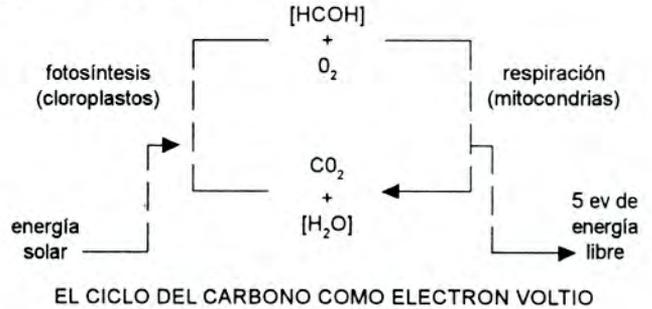
En un medio cuyo potencial redox es igual a $E_{o(Ind)}$, el indicador presenta color de punto medio (color medio). Si $n_{(Ind)}$ es igual a 2 a 298 K, el indicador presentará potencial redox de 0,06V más negativo que el valor de $E_{o(Ind)}$. De forma similar, el indicador presentará un color completamente oxidado en cualquier medio cuyo potencial redox es más de 0,06V más positivo que su $E_{o(Ind)}$. El intervalo de E_n es de aproximadamente de 0,1V.

7. RESPIRACIÓN DE LAS PLANTAS Y ACOPLAMIENTO DE REACCIONES

En general, la ecuación de la respiración



podemos graficarla:

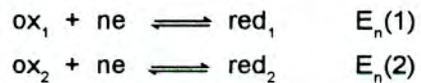


Los procesos dentro de los tejidos vivos implican la formación de moléculas grandes y complejas basadas en otras pequeñas y sencillas. Esta formación de moléculas requiere aporte de energía libre, lo cual significa que las reacciones no son espontáneas. ¿Cómo se suministra energía libre? Acoplando dos reacciones químicas.

La reacción de la glucosa con el oxígeno, para formar CO_2 y H_2O , es espontánea y demasiado lenta; pero la existencia de enzimas apresuran de manera notable estos cambios. La combinación de una molécula de glucosa con seis moléculas de oxígeno libera aproximadamente 30 ev. Esta energía libre es suficiente para formar 300 enlaces.

8. TRABAJO ELÉCTRICO QUE SE LLEVA A CABO EN UNA REACCIÓN ISOTÉRMICA DE OXIDACIÓN

Toda reacción de naturaleza redox, se compone de:



La reacción espontánea y la f.e.m. positiva de esta célula en su punto potenciométrico nulo es $\Delta E_n = E_n(2) - E_n(1)$.

Se ha subrayado que una célula electroquímica opera en forma termodinámica reversible en su punto potenciométrico nulo. El trabajo producido por una reacción reversible isotérmica y a presión constante, es igual al descenso correlativo en la energía libre de Gibbs del sistema. Cuando se produce una reacción de oxidación-reducción tiene lugar, isotérmicamente, en una célula electroquímica en su punto potenciométrico nulo. El trabajo eléctrico producido por mol de reductor oxidado es igual al descenso de la energía libre de Gibbs por mol, o sea, $-\Delta G = nF \Delta E$ Jmol⁻¹ de reductor oxidado. Este ofrece un método para medir el valor de ΔG para cualquier

reacción de oxidación-reducción.

En resumen, una reacción de oxidación-reducción isotérmica es:

$$-\Delta G = nF\Delta E \text{ Jmol}^{-1}$$

$AE = AEh = \text{f.e.m. de la reacción oxidación-reducción}$

9. TERRENO EXPERIMENTAL

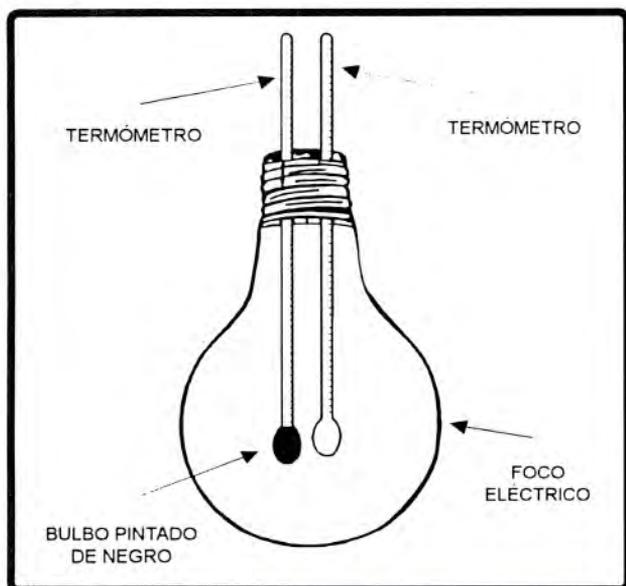
Los terrenos experimentales se encuentran en la localidad de Homo, valle de Moquegua:

- a) El terreno de maíz forrajero tierno tiene una extensión aproximada de 120 m de largo y 75 m de ancho; la edad del maíz era de cinco semanas. La línea de transmisión atraviesa dicho terreno y tiene dos postes en dicha área.
- b) La extensión del terreno con maíz forrajero a punto de cosechar tiene 83 m de largo y 53 m de largo.

10. MEDICIONES EXPERIMENTALES

- a) Utilizando colorante pulverizado extraído de geranio color fucsia en los tallos de maíz, se nota un cambio de color entre las plantas de maíz sometidas al campo magnético y aquellas plantas de maíz que están fuera de la acción electromagnética.
- b) Se realizaron mediciones conductométricas basadas en que la acción electromagnética afecta a las enzimas que modifican la velocidad de reacción en las plantas y alteran el acoplamiento de las reacciones -que producen la energía libre necesaria para la producción de reacciones bioquímicas-. ¿La liberación de 30 ev de energía causa la formación de un enlace químico que

FIGURA N° 02: Radiómetro casero.



requiere de 0,1ev? Esto significaría que el 99,7 % de la energía producida por la molécula de glucosa sería desperdiciada. En realidad la glucosa se fracciona lentamente en un proceso de numerosas fases para formar una serie de compuestos. El rango de variación en las diez hileras de maíz maduro fue de 0,03 voltios.

- c) Para la experimentación radiométrica, se construyó un radiómetro sencillo colocando dos termómetros en un foco eléctrico modificado, uno de ellos con el bulbo cubierto con pintura negra y otro sin ella.

El instrumento se mantiene en una caja oscura hasta que se lleve a cabo la medición, entonces se saca y se coloca en posición vertical en el área donde se mide la radiación.

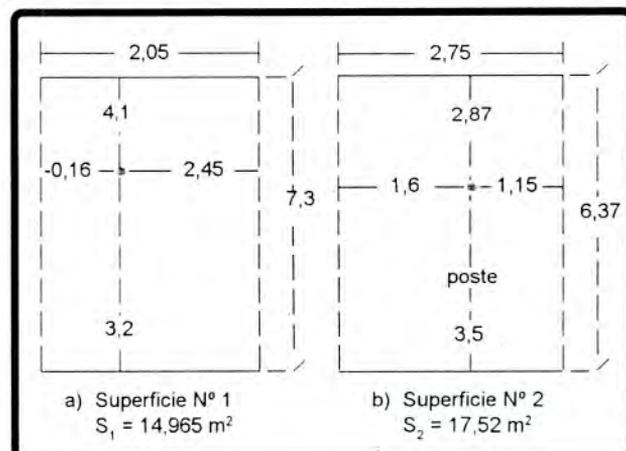
El grado de diferencia registrada por los dos termómetros después de cinco minutos puede servir de medida de la energía radiante.

En el caso del maíz forrajero, se encontraron variaciones de aproximadamente 0,05 K en el termómetro expuesto debajo de las líneas de transmisión eléctrica y en las zonas donde está normalizado el crecimiento de esta planta. No se tuvo termómetros de mayor precisión.

- d) En la plantación de maíz tierno en Homo (Moquegua), cuya altura promedio es de 0,80 m se ha determinado que el crecimiento se ve afectado en las zonas aledañas del poste de transmisión eléctrica, donde muchas plantas son notoriamente más pequeñas y débiles que las plantas de maíz que están fuera o alrededor de las superficies S_1 y S_2 , por ejemplo,

- a) Superficie S_1 → N° 1 14,965 m²
- b) Superficie S_2 → N° 2 17,52 m²

FIGURA N° 03: Areas afectadas por postes.



- a) Superficie N° 1 $S_1 = 14,965 \text{ m}^2$
- b) Superficie N° 2 $S_2 = 17,52 \text{ m}^2$

e) También se ha observado en la misma zona de Homo que el crecimiento del maíz maduro se ve afectado, formando una catenaria visible en la superficie verticalmente dependientes de los cables de transmisión como se aprecian en la tabla N° 1 y el gráf. N° 2.

11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

- a) La influencia de los campos electromagnéticos de las líneas de transmisión eléctrica sobre los seres vivos (en este caso, las plantas), es notorio - cualitativa y cuantitativamente- el diferente grado de acidez en los tallos de maíz; de lo cual se deduce que los equilibrios de las ecuaciones de óxido-reducción se modifican, influenciando en la catálisis enzimática y las reacciones acopladas.
- b) La energía electromagnética en las zonas de influencia modifican el espectro solar, a la que se someten normalmente las plantas, al originar una temperatura mayor y traer como consecuencia alteraciones en los mecanismos de acumulación energética en la fotosíntesis.
- c) El crecimiento del maíz, en las zonas aledañas a los postes y área de influencia electromagnética, lejos de mejorar, como se podría esperar por el incremento en densidad de radiación, disminuye como resultado de la modificación de la energía libre.
- d) No se han analizado factores genéticos por su complejidad; pero, es indudable que, al modificarse los mecanismos enzimáticos importantes, la velocidad de las reacciones catalizadas acopladas, producen el desplazamiento de los equilibrios oxidados en las plantas y causan influencias aún no conocidas que urgen ser estudiadas.

Teniendo en cuenta que la normatividad en el Código Nacional de Electricidad, no establece precisiones y fundamentos científicos, se deben realizar estudios de impacto electromagnético en las áreas cultivadas por donde se desplazan las líneas

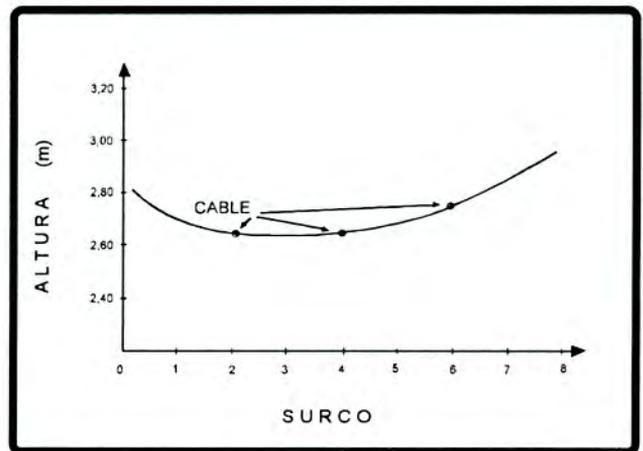
de transmisión eléctrica, normando alturas, distancias y tipos de cultivos en las inmediaciones.

TABLA N° 01: Modificación de altura del maíz por influencia electromagnética.

ALTIMETRO SURCO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,90	2,50	2,30	2,19	2,39	2,70	2,54	2,54
2	1,96	2,74	2,66	2,60	2,32	2,73	2,60	2,70
3	2,68	2,92	2,76	2,77	2,59	2,74	2,77	2,63
4	2,66	2,61	2,49	2,57	2,60	2,84	2,62	2,94
5	2,58	2,78	3,00	2,43	2,74	2,95	2,92	3,38
6	2,53	3,25	2,53	2,43	2,86	2,24	2,74	3,23
7	2,84	2,87	2,86	2,80	2,90	2,56	3,00	3,20
8	3,04	2,85	2,38	2,65	2,76	2,76	3,03	3,23
9	2,76	2,82	2,92	2,95	2,83	2,74	2,96	3,15
10	3,25	2,70	2,81	2,75	2,82	3,02	2,90	3,25
PROM.	2,62	2,80	2,67	2,61	2,68	3,72	2,81	3,03

FUENTE: Datos del autor - diciembre - 1993

GRÁFICO N° 02: Modificación de altura del maíz por influencia electromagnética.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDWELL, M.M. y M.L. CALDWELL. **A fine Wire Psychrometer for measurement of humidity in the vegetation layer.** Ecol 1970.

WASSINK, EC y J.A. STOLWIJK. **Light quality on plant growth ann rev plant physiol.** 1956.

KRAUS, J. **Electromagnetismo.** Ed. Mc. Graw Hill. México. 1986.

MORRIS, G. **Físico-química para las ciencias de la vida.** Ed. Reverté. España 1976.

DAUBERNMIRE, R.F. **Ecología vegetal.** Ed. Limusa. España 1990

OPS. **Manual para la localización lógica de fallas y su corrección de equipo para salud.** Estados Unidos 1989.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. **Código Nacional de Electricidad.** Perú 1992.