



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

15  
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLÁN"

SISTEMA BÁSICO PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES  
FRESCOS POR HIDROPONÍA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA  
PRESENTA:  
MIGUEL ALBERTO GONZÁLEZ MENDOZA.  
1984

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## S U M A R I O

	PG.	
0	Indice	0
I	Prefacio	1
II	Introducción	3
III	Objetivos	4
IV	Principios teóricos	5
V	Equipo	81
VI	Cultivos	95
VII	Hidroponía	146
VIII	Desarrollo experimental	159
IX	Resultados experimentales	174
X	Recría y engorde de terneros	223
XI	Opciones de construcción y manejo	233
XII	Conclusiones	241
XIII	Ventajas	242
XIV	Bibliografía	s/n

-----

## INDICE :

cap.		pE.
I	Prefacio	1
II	Introducción	3
III	Objetivos	4
IV	Desarrollo del tema:	
	Fotosíntesis:	5
	Sistema fotosintético	6
	Procesos fundamentales de la ...	6
	Reacciones luminosas y oscuras	7
	Pigmentos fotosintéticos	8
	Proceso de transporte electrónico	10
	Fosforilación fotosintética	11
	Proceso de las reacciones luminosas	11
	Flujo electrónico no cíclico y foto fosforilación no cíclica	13
	Relaciones energéticas en el trans- porte electrónico fotosintético	15
	Transporte electrónico fotosintético cíclico y fotofosforilación cí- clica	16
	Energética de la ...	17
	Ruta de Calvin	19
	Ruta del $C_4$	21
	Fotorrespiración	23
	Respiración	24
	Empleo típico de la energía respira- toria por la planta en crecimiento	25
	Proceso respiratorio	27
	La Semilla	29
	Calidad de la semilla	31
	La semilla madura	32
	Partes de la semilla madura	33
	Proceso de germinación	34

cap.	pg.
Crecimiento, diferenciación y desarrollo	39
Crecimiento normal	41
Estados fásicos y morfogénesis	43
Estado vegetativo	45
Aspectos fisiotécnicos del desarrollo	46
La planta y su medio ambiente	48
Temperatura	49
Temperatura y germinación	49
Luz	52
La luz artificial en la experimentación con plantas	52
Elección de lamparas	55
Generalidades de lámparas fluorescentes	56
Color de luz de las lámparas fluorescentes	56
Agua	58
La planta como indicador	59
Factores aereos:	
Composición de la fase gaseosa	61
Movimiento del aire	61
Humedad como factor aeréo	62
Instalaciones para el control del medio ambiente de la planta	63
Definiciones de términos	63
Características de trazado del módulo	65
Control de la luz y de la temperatura	68
Metodo de control del medio ambiente	71
Factores que afectan el costo	74
Magnitud de las cargas de enfriamiento y calefacción	76
V Diseño del módulo	81
Materiales empleados en la construcción del módulo	83

cap.		pg.
	Equipo necesario para la operación del módulo	83
	Construcción del módulo	84
	Instalación del módulo	85
	Protección del módulo	85
	Mantenimiento del módulo	86
	Seguridad de operación del módulo	86
	Prueba del equipo instalado en el módulo	86
	Esquema de la charola experimental	88
	Esquema de la charola experimental modificada	89
	Plano para el sistema eléctrico del módulo	90
	Plano de montaje para el equipo de control del medio ambiente	91
	Plano para la construcción del módulo	92
	Plano para la construcción de la repisa	93
	Plano para la construcción del escurridor	94
VI	Generalidades de las gramíneas	95
	Estructura vegetativa	95
	Estructura de la hoja	96
	Anatomía de la hoja	98
	Anatomía del tallo	98
	Ciclo biológico	99
	Trigo	103
	Cebada	116
	Avena	121
	Maíz	126
	Garbanzo	134
	Triticale	138
	Sorgo	141
VII	Hidroponía	146

cap...	Pg.
La solución nutritiva y la esencialidad de los elementos	147
Matemáticas para la solución nutritiva	154
pH de la solución nutritiva	155
Factores en el manejo y preparación de la solución nutritiva	155
Deficiencias de elementos nutritivos	156
VIII Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico como blanco	159
Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico como testigo	159
Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico para estimar el óptimo espesor de la cama de siembra	160
Pasos seguidos en el desarrollo del Sistema Básico para la Producción de Forraje Fresco por Hidroponía	161
Determinación de ac. cianhídrico por el metodo de Liebig (en sorgo)	162
Tabla de condiciones para el medio ambiente interno del módulo	163
Tabla de condiciones de asperción	163
Formula y composición adoptada para la solución nutritiva	164
Tabla sobre el espesor de la cama de siembra y volumen de siembra	165
Análisis inmediato de los alimentos	166
Descripción del metodo seguido en el análisis bromatológico	169
IX Resultados experimentales:	174
Blanco	175 a 180
Testigo	181 a 186
Óptimo espesor de la cama de siembra	187 a 192
Sistema básico	193 a 198

cap.		pg.
	Resultados del análisis bromatológico expresado en gramos obtenidos en el proceso Blanco y Sistema básico	199
	Gráficas de los resultados en el - proceso Blanco y Testigo	200
	Gráficas de los resultados en el - proceso Testigo y Optimo espesor de la cama de siembra	201
	Gráficas de los resultados en el - proceso Blanco y Sistema básico	202
	Resultados de producción en Blanco y Sistema básico	203
	Valoración de los alimentos	204
	Contenido energético de los alimentos	211
	Sistema para expresar el valor energético de los alimentos	214
	Sistemas para rumiantes	216
	Proteínas	219
X	Necesidades alimenticias de los terneros	223
	Recría y engorde	226
XI	Opciones de construcción del módulo	233
	Opciones para el manejo del sistema	238
XII	Conclusiones	241
XIII	Ventajas del sistema desarrollado	242
XIV	Bibliografía	



## I-P R E F A C I O .

El aumento de la producción agropecuaria en una región trae como consecuencia la elevación del nivel de vida del sector rural y está gradualmente influenciado por cinco factores: Fuerza de trabajo, Recursos naturales existentes, Estructura social adecuada, Inversión del capital en producción directa y obras de infraestructura, Aplicación de la ciencia y la tecnología agrícola por medio de la investigación que genera conocimientos. (1).

En México, el enfoque de la investigación agrícola fue hasta la década de los 70's de orden disciplinario en la búsqueda de soluciones a problemas limitantes del sistema productivo, en la actualidad los proyectos se planifican y se llevan a cabo en forma interdisciplinaria, bajo esta modalidad se diseña y estudia la solución integral del sistema.

La investigación agrícola como actividad dinámica que se adecúa a la problemática del presente, se adelanta a los hechos y genera técnicas que sugieren el uso racional de los recursos que participan y hacen posible la agricultura, constituyéndose en apoyo determinante para la implementación de los programas para producción de alimentos que actualmente demanda el Pueblo Mexicano. (1).

La superficie dedicada a la producción de forrajes, naturales o cultivados, es superior al 50 por ciento del área total del país, por lo que éste se puede considerar como predominantemente ganadero. Los forrajes proporcionan de un 50 a 100 por ciento de el alimento que consumen mas de 45 millones de rumiantes que existen en México (bovinos, caprinos y ovinos), los cuales produjeron aproximadamente 6,800 millones de litros de leche y 1,106 millones de kilogramos de carne durante 1980 con un valor estimado de 163,280 millones de pesos. Sin embargo, ésta producción fué insuficiente para satisfacer la demanda de una creciente población que supera los 70 millones de ha

bitantes, lo que ha obligado la importación de más de 100 mil toneladas de leche en polvo, evaporada y condensada, y la reducción del consumo per capita de carne. La deficiencia en la producción animal se debe, en gran parte, a la escasez de forraje que ocurre en la mayor parte del país, principalmente en la época de estiaje, y el uso de especies, variedades y practicas agronómicas distintas a las recomendadas. (1).

El forraje fresco es el alimento natural para todos los animales rumiantes; debido a condiciones naturales estacionales la pastura natural fresca de primavera está solo disponible por un periodo corto durante el año; o bajo circunstancias normales de cultivo, la cosecha producida es usualmente limitada por: energía solar, temperatura, luz, agua, espacio, etc..

El sistema de producción de forrajes frescos por hidroponía es desarrollado como un medio para maximisar el cultivo de forrajes frescos, con un nivel nutritivo conocido, no necesariamente recomendado como un remplazador total del alimento concentrado, pero si como un usual alimento concentrado de bajo costo, para diferentes tipos de animales. En condiciones apropiadas de desarrollo, el forraje obtenido es succulento, consistente, fresco, sin contaminación, de semilla a cosecha se requieren ocho días y puede realizarse los 365 días del año.

A continuación presentamos en forma escrita una investigación agrícola realizada dinamicamente en forma multidisciplinaria, adecuada a la problemática del presente en el aspecto agropecuario; que ha generado una técnica que sugiere el uso racional de algunos recursos que hacen posible la agricultura moderna en nuestro País.

## II-INTRODUCCION.

En el interior de una construcción mas o menos cerrada que puede ser lo suficientemente grande para permitir la entrada al operador o de un tamaño pequeño que solo permita la llegada a las plantas desde el exterior, se colocan en estantería una serie de charolas, en las que se deposita una cantidad medida de semilla, principalmente gramíneas o leguminosas.

Un sistema de control para el medio ambiente experimental está integrado a la construcción, el cual funciona semi-automáticamente y de acuerdo a un programa preestablecido, dependiendo del forraje a cultivar.

A lo largo del ciclo siembra-cosecha se sigue un programa de asperción de una solución nutritiva controlada.

El ciclo de siembra a cosecha dura ocho días y por cada kilogramo de semilla depositada se cosechan mas de siete kilogramos de forraje fresco.

El forraje fresco así obtenido proviene de plantas normales, suculentas y libres de contaminación alguna; éste forraje es considerado como un alimento concentrado, con un balance natural, con un nivel nutricional y digestivo conocido.

Se puede producir forraje fresco todo el año, sin importar las condiciones del medio ambiente externo.

Al adoptar el sistema de producción de forrajes frescos en una explotación pecuaria, puede mantenerse la ración alimenticia constante y balanceada a lo largo de todo el año.

El sistema es considerado como un ahorrador de tierra agrícola.

Para la producción de forrajes frescos por hidroponía no se requiere el empleo de maquinaria agrícola.

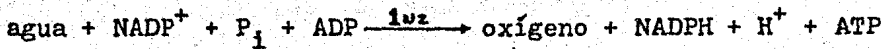
### III-OBJETIVOS.

- Revisar los principios teóricos implicados en un sistema actual para cultivo hidropónico intensivo.
  - Desarrollar un modulo hidropónico para el cultivo de forrajes frescos.
  - Desarrollar un sistema básico para el cultivo de forrajes frescos por hidroponía.
  - Evaluar el sistema hidropónico propuesto con producción de forraje fresco de: Avena, Cebada, Maíz, Sorgo, Trigo, Triticale, y Garbanzo.
  - Evaluar bromatológicamente el forraje fresco producido.
  - Recomendar diferentes opciones de construcción y manejo del sistema de producción de forrajes frescos por hidroponía.
  - Recomendar el principio de aprovechamiento del forraje fresco obtenido, en la recría y engorde de terneros.
- - - - -

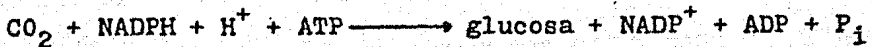
IV-PRINCIPIOS TEORICOS.  
FOTOSINTESIS (2)

El proceso que realizan las plantas verdes, de captar la energía solar, transformar el agua y dióxido de carbono en compuestos orgánicos ricos en energía, con liberación de oxígeno, se llama fotosíntesis.

La fotosíntesis es la primera etapa del flujo de energía a través de la biósfera; sabemos en la actualidad que este proceso global puede resolverse en dos fases. La primera es la captación de la energía luminosa por los pigmentos que absorben la luz convirtiéndola en la energía química del ATP y de ciertos agentes reductores, especialmente el NADPH. En ese proceso los átomos de hidrógeno se ven separados de las moléculas de agua y son empleados para reducir al NADP<sup>+</sup>, liberándose oxígeno molecular, que es un subproducto de la fotosíntesis en las plantas. Simultáneamente el ADP se fosforila a ATP; la ecuación general para la primera fase de la fotosíntesis, es la siguiente:



En la segunda fase de la fotosíntesis, los productos ricos en energía de la primera fase, el NADPH y el ATP, se emplean como fuentes energéticas para efectuar la reducción del dióxido de carbono y rendir glucosa. Simultáneamente el NADPH se re-oxida a NADP<sup>+</sup>, y el ATP se escinde de nuevo en ADP y fosfato. La segunda fase de la fotosíntesis puede representarse en terminos generales como:



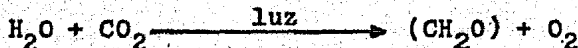
esta se lleva a cabo mediante reacciones convencionales, catalizadas por enzimas y que no precisan de la luz.

## SISTEMA FOTOSINTETICO (2)

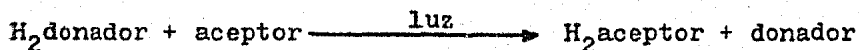
El aparato sintético de las células eucarióticas se halla localizado en los cloroplastos, una de las diversas clases de palstidios que son unos organelos rodeados de membrana, se autoreplican y contienen DNA. Los cloroplastos son generalmente mucho mayores que las mitocondrias, su diámetro oscila de 1 a 10  $\mu\text{m}$ , generalmente son de forma globular o discoidal, la célula de una planta superior posee hasta 40 cloroplastos, efectuando todas las reacciones implicadas en la reducción del dióxido de carbono a hexosa, inducido por la luz. Los cloroplastos se hallan rodeados de una membrana exterior única, que es frágil, la membrana interna que es continua y dispuesta en pliegues llamados laminillas circundan a un compartimiento que contiene el estroma, que es comparable a la matriz mitocondrial. A intervalos regulares, las laminillas se ensanchan para formar sacos membranosos aplanados llamados tilacoides, dispuestos en unos apilamientos llamados grana, las membranas apareadas entre los grana se llaman laminillas intergranales. Tanto las membranas de los tilacoides como las laminillas intergranales contienen los pigmentos fotosintéticos del cloroplasto, así como las enzimas que se necesitan para las reacciones primarias dependientes de la luz.

## PROCESOS FUNDAMENTALES DE LA FOTOSINTESIS (2)

Los organismos fotosintéticos, utilizan al agua como dador de electrones o de hidrógeno para reducir así a varios aceptores electrónicos desprendiendo como consecuencia oxígeno molecular procedente del agua, la ecuación global es:



en la que (CH<sub>2</sub>O) representa el glúcido formado como producto final de la fotosíntesis. El dióxido de carbono es el aceptor electrónico principal, así las plantas superiores deben producir todas sus biomoléculas orgánicas a partir de él, sin embargo se puede utilizar también como aceptor electrónico al nitrato el cual reduce a amoniaco. Podemos escribir una ecuación en función de aceptor y donador así:



en la que H<sub>2</sub>donador es el dador de electrones o de hidrógeno, por lo que no deberíamos conciderar a la fotosíntesis únicamente como un mecanismo para la síntesis de los glúcidos a partir del dióxido de carbono. Los productos de la reacción luminosa (ATP y NADPH) se emplean para efectuar la biosíntesis de muchos compuestos celulares distintos de los glúcidos.

Independientemente del dador o del aceptor, el flujo electrónico inducido por la luz desde el primero hasta el segundo, se verifica en contra del gradiente normal de los potenciales estandar de oxidoreducción de los sistemas dador aceptor de electrones, el flujo neto de electrones tiene lugar en la dirección del sistema que posee el potencial estandar mas bajo o mas electronegativo. La dirección del flujo electrónico en la fotosíntesis no vulnera las leyes de la termodinámica, ya que es la energía de la luz absorbida la que provoca que los electrones fluyan en sentido inverso.

### REACCIONES LUMINOSAS Y OSCURAS (2,3)

Hemos visto que la fotosíntesis tiene dos fases, las reacciones que dependen directamente de la energía luminosa y las reacciones que se pueden producir en ausencia de luz.

La etapa limitante de la velocidad en la fotosíntesis de las plantas es una etapa que puede efectuarse en la oscu

ridad.

El dióxido de carbono se convierte en la oscuridad en hexosa, a expensas de la energía química generada en el período luminoso precedente. Las reacciones luminosas de la fotosíntesis son primordialmente responsables de la conversión de la energía luminosa en energía química en forma de ATP y NADPH mientras que las reacciones oscuras implican la utilización de la energía química del ATP y NADPH para efectuar la reducción del dióxido de carbono a hexosa y otros productos.

La denominación de reacciones oscuras no debe entenderse como que las reacciones solamente se producen en la oscuridad o de noche; en las plantas vivas se producen juntamente con las reacciones luminosas, en el intervalo diurno. Durante la noche, las células de las hojas verdes respiran, utilizando oxígeno y consumiendo glucosa y otros combustibles orgánicos producidos por la fotosíntesis durante la iluminación diurna.

### PIGMENTOS FOTOSINTETICOS (2,3,4)

La célula fotosintética productora de oxígeno en las plantas verdes contiene los pigmentos conocidos como clorofila a, clorofila b y uno o mas pigmentos accesorios, que incluyen a los carotenoides.

La clorofila a, es un complejo magnesio porfirina, los cuatro átomos de nitrógeno centrales se hallan coordinados con un ion  $Mg^{2+}$ , formando un complejo esencialmente planar, sumamente estable, la clorofila a, posee también una larga cadena lateral terpenoide hidrofóbica, consistente en el alcohol fitol, esterificado a un ácido propiónico que es un sustituyente en el anillo VI.

En las células intactas la clorofila a presenta unos máximos de absorción a 660, 670, 678 y 685 nm., representando desplazamientos espectrales provocados por diferentes estados de agregación o de unión de las moléculas de la clorofi-



la a con proteínas específicas en la célula vegetal.

La clorofila b se distingue de la clorofila a solamente por estar sustituido el grupo metilo en el átomo de carbono 3 por un grupo aldehídico en forma de un resto formilo CHO.

Esta pequeña diferencia en la estructura química es suficiente para causar una diferencia notable en la clorofila como también en el espectro de absorción.

Las clorofilas absorben eficazmente luz en la zona visible del espectro, debido a sus muchos dobles enlaces conjugados, la energía luminosa de los fotones absorbidos por una molécula de clorofila puede deslocalizarse y difundirse a través de toda la estructura electrónica de las moléculas excitadas.

La clorofila es el principal pigmento absorbente de luz; en la mayor parte de las plantas verdes; queda establecido por mediciones del espectro de acción fotoquímica de la fotosíntesis que es una representación de la eficacia de diferentes longitudes de onda de la luz visible para inducir el desprendimiento de oxígeno.

Los pigmentos accesorios poseen máximos de absorción a longitudes de onda diferentes de las clorofilas, actúan como receptores luminosos suplementarios para porciones del espectro visible que no está completamente cubierto por la clorofila. La energía luminosa absorbida por tales pigmentos accesorios tiene que transferirse como energía de excitación a las moléculas de clorofila antes de que pueda utilizarse para la fotosíntesis. La clorofila por tanto es un componente indispensable del aparato fotosintético.

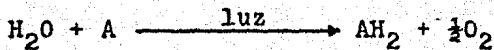
Los carotenoides son largas moléculas polisoprenoides que poseen dobles enlaces conjugados, cada extremo de la molécula contiene un anillo de ciclo hexano sustituido insaturado.

Las células productoras de oxígeno contienen una cantidad muy pequeña de otros dos pigmentos colectores de exci-

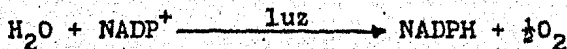
tones, (cuantos de energía de excitación de las otras moléculas de clorofila de la membrana tilacoide) que se designan como P-680 y P-700; se trata de complejos proteína-clorofila que pose en su máximo de absorción a 680 nm y 700 nm respectivamente.

PROCESO DE TRANSPORTE ELECTRONICO (2,4)

La energía luminosa capturada por el sistema pigmentario se convierte en energía química. La característica importante de la reacción (reacción de Hill) es que los electrones son inducidos para fluir hacia fuera de las moléculas de agua hasta el aceptor A con lo que se produce oxígeno molecular a partir del agua, la dirección del flujo es la opuesta a la de la respiración. La energía para este flujo electrónico invertido; que solo tiene lugar con la iluminación proveniente de la luz absorbida, mantiene el proceso de transporte electrónico. La ecuación general:



En la fotosíntesis normal el dióxido de carbono es el aceptor final de los electrones de energía elevada generados por la luz absorbida, pero en la reacción de Hill los electrones son interceptados por un aceptor electrónico artificial antes de que alcancen al dióxido de carbono. Esta consideración, implica que los cloroplastos deben contener transportadores electrónicos capaces de conducir electrones desde el agua al dióxido de carbono, el,  $\text{NADP}^+$  que es un constituyente normal de los cloroplastos puede sustituir a los reactivos artificiales de Hill como aceptor electrónico con cloroplastos, a la luz, el  $\text{NADP}^+$  se reduce a  $\text{NADPH}$  y se desprende oxígeno en cantidades estequiométricas de acuerdo a la ecuación:



La reacción del  $\text{NADP}^+$  no se produce en la oscuridad. El NADPH formado en la reacción luminosa podía emplearse entonces para reducir a los sustratos ligados al NADP por la vía de sus deshidrogenasas específicas. A partir de éstas observaciones se identificó al  $\text{NADP}^+$  como a un transportador electrónico común desde el agua a los diversos aceptores electrónicos terminales de la fotosíntesis, que en las plantas verdes es el dióxido de carbono. El movimiento de electrones inducido por la luz a través de moléculas transportadoras de electrones, desde el agua, u otros dadores electrónicos, a los diversos aceptores electrónicos, recibe el nombre de transporte electrónico fotosintético.

Normalmente los electrones tienden a fluir desde el NADPH hasta el oxígeno, es decir, en la dirección del sistema más positivo, pero en el transporte electrónico fotosintético, los electrones son inducidos a fluir en dirección opuesta, o sea desde el agua hasta el  $\text{NADP}^+$ .

### FOSFORILACION FOTOSINTETICA(2)

La formación de ATP representa un mecanismo principal por el que se conserva la energía luminosa absorbida, lo mismo que la formación de ATP es el proceso mediante el cual se conserva la energía de la respiración, éste proceso recibió el nombre de fosforilación fotosintética, la formación de ATP a partir del ADP y del fosfato es consecuencia del acoplamiento energético de la fosforilación al proceso de transporte electrónico foto inducido, en gran parte del mismo modo que la fosforilación oxidativa está acoplada al transporte electrónico en las mitocondrias.

### REACCIONES LUMINOSAS DE LA FOTOSINTESIS (2,5)

Sabemos en la actualidad que existen dos conjuntos de reacciones luminosas en la fotosíntesis vegetal que despren

den oxígeno. R. EMERSON demostró que suplementando la luz de 710 nm, que presenta poca eficacia en la promoción de la fotosíntesis, con alguna radiación a 670 nm, la eficacia de la fotosíntesis a 710 nm resultaba muy aumentada. Estos descubrimientos dieron a entender que se precisaban dos reacciones luminosas diferentes, cada una con una longitud de onda máxima diferente para alcanzar una eficacia fotosintética máxima. L.N.M. DUYSSENS ha postulado que el sistema de onda larga, con un máximo en las proximidades de 710 nm, al que designó como fotosistema I, se halla asociado así con aquellas formas de clorofila a, que absorben a longitudes de onda más largas, pero que éste fotosistema no es el responsable del desprendimiento de oxígeno. El fotosistema II es activado por longitudes de onda más cortas de 670 nm y es el que se necesita para el desprendimiento de oxígeno. Todas las células fotosintéticas que desprenden oxígeno contienen ambos fotosistemas, el I y el II. Se postuló también que el fotosistema I fue el que primero surgió durante la evolución biológica.

Cada uno de los dos fotosistemas posee su propio conjunto característico de moléculas de pigmentos absorbentes de luz los cuales funcionan como una antena para absorber y transmitir energía luminosa. Aunque ambos fotosistemas tienen clorofila a, y clorofila b, la relación a - b, es superior en el fotosistema I que en el fotosistema II, en el fotosistema I se presentan complejos proteína-clorofila, que absorben a grandes longitudes de onda, y son ausentes en el fotosistema II. El conjunto de pigmentos del fotosistema I en las plantas verdes superiores contiene cerca de 200 moléculas de clorofila a, particularmente del tipo de longitud de onda larga, quizás 50 moléculas de clorofila b, de 50 a 200 moléculas de pigmentos carotenoides, según la especie, y una sola molécula de P-700. Un cuanto de energía luminosa absorbida en cualquier parte de la unidad fotosintética, ya sea una molécula de carotenoide o de clorofila, emigra a través del conjunto de moléculas de pigmento, según un proceso llamado transferencia de excitones, hasta que alcanza a la sola molécula

la de P-700, la cual acepta al excitón, y como consecuencia, pierde un electrón que posee una gran cantidad de energía. La captura de fotones y la transferencia de excitones dentro del fotosistema son procesos sumamente rápidos, y (al igual que todos los procesos fotoquímicos) son insensibles a la temperatura. Un proceso semejante de captura de fotones y transferencia de excitones se produce en el otro fotosistema, hasta que el excitón llega al P-680, centro reactivo del fotosistema II, y que pierde entonces un electrón.

Los conjuntos pigmentarios de los fotosistemas I y II se hallan embutidos en las membranas de las vesículas tilacoides. Los fotosistemas I y II se comportan como físicamente distintos en la estructura de la membrana.

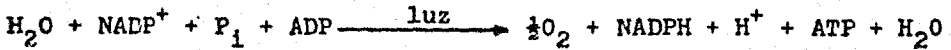
#### FLUJO ELECTRONICO NO CICLICO Y FOTOFOSFORILACION NO CICLICA (2,4)

Los fotosistemas I y II son los componentes que liberan energía en una cadena de transportes electrónico continuo que se extiende desde el agua, el donador electrónico, al  $\text{NADP}^+$ , el aceptor electrónico, actuando así como impulsores de electrones. La cadena de transporte electrónico fotosintético posee tres segmentos funcionales, un segmento bastante corto - desde el agua al fotosistema II, una cadena central desde el fotosistema II al fotosistema I, y un segmento desde el fotosistema I al  $\text{NADP}^+$ .

Al absorberse fotones por las moléculas del pigmento del fotosistema I, produciéndose su excitación, los excitones formados, ricos en energía, son capturados por el P-700; el resultado es que éste pierde electrones, que son transferidos a su aceptor electrónico primario, un pigmento designado como P-430. Estos electrones fluyen por la vía de una cadena de transportadores electrónicos (cuya identidad se describirá) hasta el  $\text{NADP}^+$  provocando su reducción para dar NADPH. Se precisan dos

electrones para reducir a cada molécula de  $\text{NADP}^+$ , sin embargo la pérdida de un electrón del, P-700, lo deja en su forma oxidada  $\text{P-700}^+$  (un hueco electrónico). El electrón necesario para llenar este hueco es aportado por la cadena central de transportadores electrónicos, que se extiende desde el fotosistema II al fotosistema I. Sin embargo solo se disponen electrones movibles para la reducción del  $\text{P-700}^+$ , después de que el fotosistema II ha sido iluminado, provocando su excitación, con el resultado de que la energía de excitación es atrapada por el P-680, el cual pierde un electrón que cede al aceptor primario designado como C-550, dejando atrás la forma oxidada del P-680 o sea el  $\text{P-680}^+$ . El electrón perdido por éste último fluye a lo largo de la cadena de transportadores electrónicos hasta el hueco del  $\text{P-700}^+$  del fotosistema I, al que restaura en su estado reducido. Pero a continuación el  $\text{P-680}^+$  del fotosistema II debe, a su vez, volver al estado reducido. El electrón que se necesita proviene de la molécula de agua a través de otra cadena de transportadores electrónicos, cuya naturaleza todavía es desconocida. La separación de electrones del agua da por resultado el desprendimiento de oxígeno molecular. Este flujo electrónico unidireccional inducido por la luz desde el agua al  $\text{NADP}^+$  se llama transporte electrónico fotosintético no cíclico. Los dos electrones necesarios para reducir a cada molécula de  $\text{NADP}^+$  los proporciona una molécula de agua.

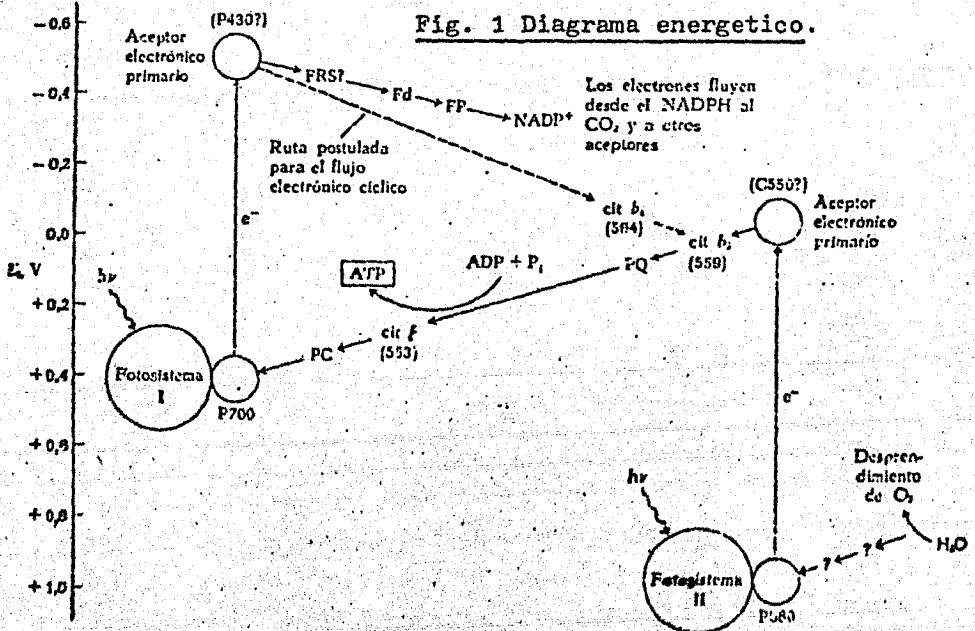
La fosforilación del ADP a ATP se halla acoplada a el flujo de electrones desde el agua al  $\text{NADP}^+$ , y localizada en la cadena central que conduce desde el fotosistema II al fotosistema I. No se sabe con certeza si se forman uno o dos ATPs por par de electrones desplazados desde el fotosistema II al fotosistema I. En cualquier caso, suponiendo que solamente tiene lugar una fosforilación, podemos representar la ecuación global del flujo electrónico fotosintético desde el agua hasta el  $\text{NADP}^+$ , con su fosforilación acoplada, del modo siguiente:



La molécula de agua del lado izquierdo de la ecuación es la que cede los dos electrones necesarios para reducir al  $\text{NADP}^+$  y el átomo de oxígeno que se libera en forma de  $\frac{1}{2}\text{O}_2$ . La molécula de agua del lado derecho de la ecuación procede de la formación del ATP a partir del ADP y fosfato. Aunque estas moléculas de agua se pueden anular, se dejan en la ecuación para mostrar todas las entradas y salidas del transporte electrónico fotosintético.

RELACIONES ENERGETICAS EN EL TRANSPORTE ELECTRONICO FOTOSINTETICO (2,4)

Con objeto de ilustrar como se emplea la energía luminosa para llevar a cabo el flujo de electrones desde el agua hasta el  $\text{NADP}^+$ , así como la fotofosforilación del ADP, mostraremos el diagrama energético del transporte electrónico fotosintético por la vía de los fotosistemas I y II, representado en función de los potenciales estandar de oxidación  $E^\circ$  de los pares redox.



En este esquema 2, los dos sistemas se hallan conectados por una cadena central de transporte electrónico entre el aceptor electrónico primario del fotosistema II y el P-700 del fotosistema I. El flujo electrónico no cíclico emplea ambos sistemas partiendo del agua y finalizando en el NADPH. El flujo electrónico cíclico precisa solamente del fotosistema I; los electrones proyectados al aceptor electrónico primario (P-430) en el fotosistema I pueden retornar al P-700<sup>+</sup> mediante una derivación proporcionada por el citocromo b, o por un transportador electrónico artificial, tal como el metosulfato de fenacina. No se conoce con precisión el punto de entrada de la derivación. La proyección de electrones a niveles de energía más elevados por la absorción de energía luminosa (hv) aparece señalada mediante las flechas. La fosforilación del ADP a ATP se halla acoplada al flujo electrónico de la cadena central. Parece más clara la formación de dos moléculas de ATP por cada par de electrones.

### TRANSPORTE ELECTRONICO FOTOSINTETICO CICLICO

#### Y FOTOFOSFORILACION CICLICA(2)

Otro tipo de flujo electrónico inducido por la luz en las células de las plantas verdes, es el flujo electrónico cíclico, que solamente puede reconocerse gracias a un efecto producido por el flujo, a saber, la fosforilación del ADP a ATP. Los cloroplastos aislados pueden provocar la fosforilación del ADP a ATP sometiendo a la luz y en ausencia de cualquier dador o aceptor electrónico adicional y sin que haya acumulación de ninguna sustancia reducida. Puesto que no hay transferencia neta de electrones y, por tanto, tampoco hay acumulación de productos reducidos, se ha llegado a la conclusión de que la absorción de la energía luminosa produce un flujo de electrones desde el P-700 del fotosistema I excitado a través de una cadena circular de transportadores elec\_



trónicos, de tal manera que los electrones vuelven finalmente a reducir al  $P-700^+$  des-excitado del fotosistema I sin implicar al fotosistema II. Por ésto, éste proceso recibe el nombre de flujo electrónico cíclico, ya que los electrones no se acumulan en ningún producto.

Resulta posible medir el ATP producido por el flujo electrónico cíclico, proceso llamado fotofosforilación cíclica.

El flujo electrónico cíclico, precisa solamente de la actuación del fotosistema I, no implica desprendimiento de oxígeno o reducción de un aceptor electrónico, sino unicamente la síntesis acoplada del ATP. No se sabe si el flujo electrónico cíclico tiene lugar normalmente en las plantas vivas.

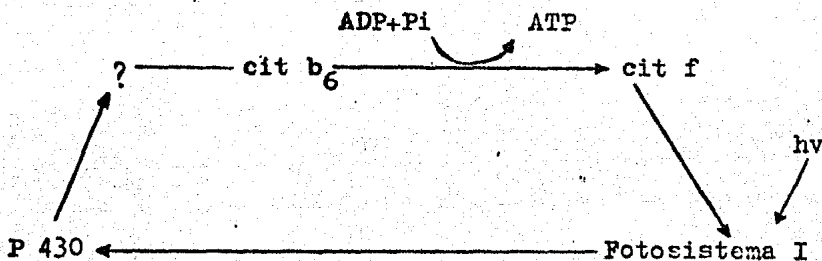
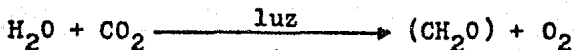


Fig. 2 Flujo electrónico cíclico.

### ENERGETICA DE LA FOTOSINTESIS (2,5)

La eficacia termodinámica máxima de la fotosíntesis o sea su eficacia cuántica, se reduce a la determinación experimental del valor  $n$ , número de cuantos luminosos que se precisan para la ecuación global de la fotosíntesis. La variación de energía libre estandar  $G'$  para la síntesis de la hexosa a partir del  $CO_2$  y del  $H_2O$ , es de  $+686$  kcal. Si dividimos por 6 este valor, obtenemos la energía absorbida; es decir,  $+114$  kcal, necesaria para reducir una molécula de  $CO_2$  a  $(CH_2O)$  tal como se

indica en la ecuación:

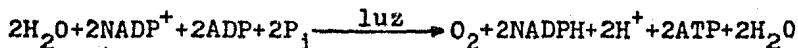


Si el valor calorífico de un cuanto luminoso depende de su longitud de onda y se halla comprendido entre 72 kcal einstein<sup>-1</sup> a 400 nm, y 41 kcal a 700 nm, aproximadamente, el número mínimo de cuantos necesarios para la reacción sería entonces de 114/41 o sea alrededor de 2.7. Puesto que el cuanto luminoso es indivisible, las necesidades cuánticas deben ser un número entero que será por tanto 3.0 por lo menos, si es que toda la energía necesaria para la formación de hexosa proviene de la luz. Aunque en teoría se necesitan 3 cuantos como hemos visto, EMERSON, ha demostrado que en la fotosíntesis, plenamente apoyada por la energía luminosa, el número mínimo de cuantos necesarios es de 8. Este valor corresponde a una eficacia termodinámica que es aproximadamente la misma que la del proceso global de la respiración, de alrededor del 38 por ciento.

Para comprender el significado del rendimiento cuántico de 8, debemos dar la ecuación global para la reducción del CO<sub>2</sub> a (CH<sub>2</sub>O) durante la fase oscura de la fotosíntesis que es:



A fin de aportar las dos moléculas de NADPH necesarias por cada molécula de CO<sub>2</sub> reducido en las reacciones oscuras se expelen cuatro electrones por el fotosistema I, así también cuatro electrones del fotosistema II, produciendo de este modo una molécula de oxígeno procedente del agua, si durante el proceso global solamente se produce una fotofosforilación por cada par de electrones, como creen muchos investigadores, solo se producirán dos moléculas de ATP por los dos pares de electrones que fluyen desde el agua al NAD<sup>+</sup>, de acuerdo con la ecuación:



Pero como son tres las moléculas de ATP necesarias para reducir una molécula de  $\text{CO}_2$  en la fase oscura, se forman dos ATPs durante el transporte inducido por la luz de un par de electrones desde el agua al NADP, tal como han postulado algunos investigadores, entonces se forman cuatro ATPs por cada 8 cuantos luminosos, lo cual es más que suficiente para reducir 1 mol de  $\text{CO}_2$  a glúcido.

Existe otra vía por la que puede producirse una cantidad adicional de ATP necesaria para las reacciones biosintéticas oscuras, es decir la fotofosforilación cíclica que puede funcionar independientemente del flujo electrónico no cíclico para producir dicho ATP a partir del ADP.

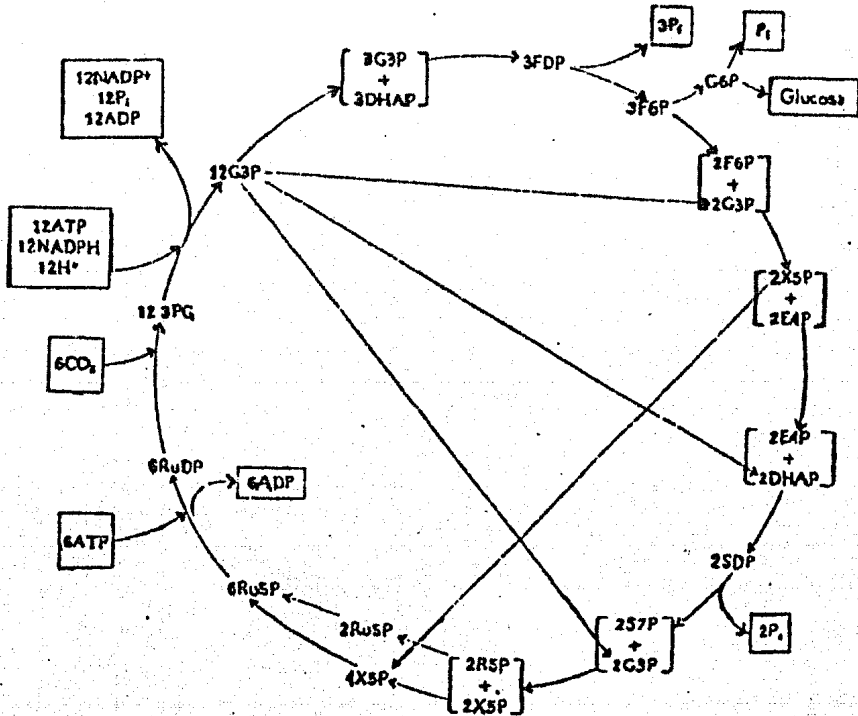
#### FORMACION FOTOSINTETICA DE GLUCOSA POR LA RUTA DE CALVIN (2,4)

Las transformaciones de los compuestos químicos hasta llegar a glucosa y almidón han sido estudiados e incluyen el llamado ciclo de CALVIN, que describe las transformaciones primarias. El ATP y el NADPH generados en las reacciones luminosas son entonces utilizados por las células de las plantas verdes para producir la reducción del  $\text{CO}_2$  formando glúcidos y otros productos reducidos. Los principales productos finales de la fotosíntesis vegetal son el almidón, la celulosa y otros polisacáridos; la glucosa libre no se encuentra en cantidades significativas en los tejidos de las plantas. Utilizaré el término de hexosa para designar todos los restos de azúcar de seis carbonos, libres o combinados, que se forman en la fotosíntesis.

El ciclo de CALVIN es una modificación y extensión de la secuencia del fosfogluconato y de la glucólisis, por cada molécula de  $\text{CO}_2$  reducida, se regenera una molécula de ribu

losa-1,5-difosfato.. En la figura siguiente se muestra un esbozo esquemático de esta ruta;

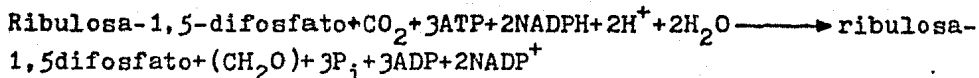
Fig. 3 (2)



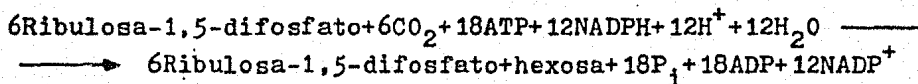
Clave; 3PG=ácido3-fosfoglicérico, G3P=glicerilaldehído-3-fosfato, DHAP=fosfato de dihidroxiacetona, FDP=fructosa-1-difosfato, F6P=fructosa-6-fosfato, G6P=glucosa-6-fosfato, E4P=eritrosa-4-fosfato, X5P=xilulosa-5-fosfato, SDP=sedoheptulosa-1,7-difosfato, S7P=sedoheptulosa-7-fosfato, R5P=ribosa-5-fosfato, Ru5P=ribulosa-5-fosfato, RuDP=ribulosa-1,5-difosfato.

Una manera de escribir la ecuación global de una

vuelta del ciclo de CALVIN, expresado en términos de equivalentes de  $\text{CO}_2$ , es:



La ribulosa-1,5-difosfato aparece escrita en ambos lados de la ecuación únicamente para mostrar que es un componente necesario que se regenera al final de cada ciclo. La reacción neta, es anulando a la ribulosa-1,5-difosfato. Si sumamos las reacciones de seis vueltas del ciclo de CALVIN resulta:



Observese que se requieren tres moléculas de ATP por cada molécula de  $\text{CO}_2$  reducida.

RUTA DEL  $\text{C}_4$  O DE HATCH-SLACK. DE FORMACION DE LA GLUCOSA (2)

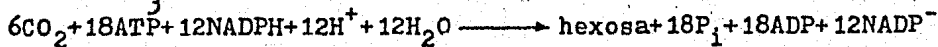
A mediados de la década de los 60 aparecieron datos que indicaban que en algunas plantas verdes, el 3-fosfoglicerato no es el primer producto intermedio al que se incorpora el  $\text{CO}_2$ , y sí a los ácidos dicarboxílicos de cuatro carbonos (oxalacético, málico y aspártico). En las plantas de ésta clase entre las que se hallan la caña de azúcar y el maíz, se denominan plantas  $\text{C}_4$ , el  $\text{CO}_2$  se fija en primer lugar según una reacción catalizada por la fosfoenolpiruvato-carboxilasa, el oxalacetato que así se forma en las plantas  $\text{C}_4$ , puede después reducirse a malato, por la malato-deshidrogenasa NADP-dependiente; o convertirse en aspartato, por transaminación. Las hojas de las plantas  $\text{C}_4$  contienen dos tipos de células fotosintéticas que presentan diferentes organizaciones bioquímica y estructu

ral: las células túncico vasculares que rodean las nervaduras y las células mesófilas que están dispuestas libremente alrededor de las células túncico vasculares. La fijación del  $\text{CO}_2$  por la fosfoenólpiruvato-carboxilasa antes descrita tiene lugar en las células mesófilas. En algunas plantas  $\text{C}_4$  el malato formado por reducción del oxalacetato es transportado a las células túncico vasculares, donde es descarboxilado por la enzima málico malato-deshidrogenasa (descarboxiladora) ( $\text{NADP}^+$ ). En otras plantas  $\text{C}_4$ , el aspartato formado por la transaminación del oxalacetato es finalmente descarboxilado en las células túncico vasculares. Después, el  $\text{CO}_2$  liberado en estas dos reacciones, actúa con la ribulosa-1,5-difosfato y se obtiene 3-fosfoglicerato, que es convertido en hexosa por el ciclo de CALVIN. El pirulato formado en las células túncico vasculares retorna a las células mesófilas siendo transformado en fosfoenolpiruvato a expensas de dos grupos fosfato de alta energía, y entonces puede comenzar un nuevo ciclo.

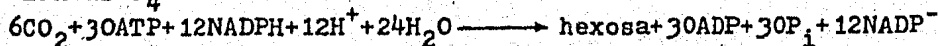
Se conocen unas 100 especies de plantas  $\text{C}_4$ . Entre ellas están no solo la caña de azúcar y el maíz, sino también plantas de desierto, de hierba de Bermuda y el sorgo.

Otro tipo de plantas fotosintéticas lo constituyen las plantas  $\text{C}_3$ , principalmente de las zonas templadas, que fijan el  $\text{CO}_2$  directamente en el 3-fosfoglicerato de tres carbonos, podemos comparar las ecuaciones globales de la producción fotosintética de hexosa por las plantas  $\text{C}_3$ , frente a las plantas  $\text{C}_4$ :

Plantas  $\text{C}_3$



Plantas  $\text{C}_4$



Por tanto las plantas  $\text{C}_4$  requieren para sintetizar una unidad

de hexosa, mucho mas ATP que las plantas  $C_3$ , a pesar del exceso de ATP que consumen, las plantas  $C_4$  pueden sintetizar hexosa mucho mas rápidamente por unidad de superficie de hoja, crecen mucho mas de prisa y funcionan eficazmente con intensidades lumínicas muy superiores, que las plantas  $C_3$ .

### FOTORRESPIRACION (2,5)

Estrechamente relacionado con el mecanismo y la regulación de la biosíntesis de hexosa en las plantas fotosintéticas se halla el fenómeno de la fotorrespiración. Las células de las plantas verdes contienen mitocondrias, además de cloroplastos; tales células exhiben una respiración mitocondrial y una fosforilación oxidativa en la oscuridad, a expensas de los sustratos producidos por la fotosíntesis durante periodos previos de iluminación. Surge entonces el problema de si las células de las plantas verdes respiran tambien cuando estan iluminadas y durante su fotosíntesis, o si la respiración se ve entonces interrumpida. Cuidadosas mediciones de los ritmos de intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono en las plantas iluminadas, realizadas con el empleo de oxígeno isotópico muestran que la mayoría de las plantas respiran realmente bajo la acción de la luz, al tiempo que efectuan fotosíntesis, sin embargo, el tipo de respiración que tienen efecto a la luz no es mitocondrial, puesto que no es sensible a los inhibidores característicos de tal proceso. Esta respiración lumínica que se denomina fotorrespiración, desvía el poder reductor fotoinducido de la biosíntesis de la glucosa, hacia la reduccion del oxígeno. Además, la fotorrespiración no va acompañada de la fosforilación oxidativa del ADP, siendo por lo tanto una malversación del poder reductor, rico en energía, generado por las reacciones luminosas. La fotorrespiración es muy activa en las plantas  $C_3$  de las zonas templadas, pero se muestra casi completamente ausente en la mayoría de las plantas  $C_4$ .

El ritmo de fotorrespiración de las plantas  $C_3$  es bastante elevado: es unas 5 veces superior al de la respiración en la oscuridad. Dado que su resultado es la oxidación de un producto de reducción del  $CO_2$ , cuya síntesis ha requerido un gasto de NADPH y de ATP, se trata, evidentemente de un proceso de malversación. En condiciones atmosféricas normales, el ritmo neto de la fotosíntesis en las plantas  $C_3$  es muy inferior al máximo pues se halla limitado por la relativamente alta concentración de oxígeno en el aire y la baja concentración de  $CO_2$ .

Las plantas  $C_4$ , que muestran muy poca o ninguna fotorrespiración, son considerablemente más eficientes porque pueden llevar a cabo la fotosíntesis a concentraciones mucho más bajas de  $CO_2$  y a más elevadas tensiones de oxígeno, por la ruta de HATCH SLACK, que no es desviable por el oxígeno. La función precisa de la fotorrespiración en las plantas  $C_3$  constituye aún un enigma, se están realizando estudios para mejorar el rendimiento de las plantas de cultivo  $C_3$  por reducción del ritmo de su fotorrespiración.

### RESPIRACION (6)

La respiración es la función fisiológica por la que la célula oxida sustancias con la liberación de energía, que es utilizada para efectuar diversos trabajos metabólicos. En general, el sustrato oxidado es la glucosa. La oxidación puede ser completa, para la cual se necesita la presencia de  $O_2$  libre, ocurriendo un desprendimiento de energía, la cual, para ser utilizada, exige una molécula que sirva de aceptor transportador: tal es el ATP. El ATP se sintetiza en la fotosíntesis y en él se guarda la energía lumínica transformada, que servirá para hacer azúcares, al romperse la molécula de azúcar hay de nuevo síntesis de ATP que lleva la energía liberada.

La respiración incluye, tanto el proceso de oxida



ción del azúcar, como el proceso de transferencia de energía del azúcar al ATP, lo que se conoce como la fosforilación oxidativa.

La célula contiene mitocondrias, que son organelos de unas cuantas micras, de forma algo alargadas, cuyo interior se divide en cámaras por repliegues de la membrana interna (cristae), a la mitocondria van adsorbidas enzimas respiratorias, cuya función es de activar la glucosa para que inicien la reacción de oxidación.

La energía liberada por la respiración es utilizada por la planta (que no tiene locomoción ni control térmico) principalmente para sintetizar alimentos; baste considerar que toda la masa viva de la célula es proteína cuyo nitrógeno está en estado de reducción, y que casi todo el nitrógeno lo absorbe la planta en estado de máxima oxidación como  $\text{NO}_3$ . La tabla siguiente muestra la estimación que se ha hecho de la utilización de la energía respiratoria:

EMPLEO TIPICO DE LA ENERGIA RESPIRATORIA  
POR LA PLANTA EN CRECIMIENTO (6)

	%
SINTESIS ORGANICAS (PRINCIPALMENTE PROTEINAS):::..	98
PASO DEL AGUA AL XILEMA:::.....	00.5
DIFUSION DE ELEMENTOS:::.....	00.5
ACUMULACION DE IONES :::.....	00.2
MANTENIMIENTO DEL POTENCIAL ELECTRICO:::.....	00.2
CIRCULACION DEL PROTOPLASMA:::.....	00.1
MOVIMIENTOS DE CROMOSOMAS:::.....	00.1
PERDIDA COMO CALOR:::.....	00.1

En general el sustrato respiratorio del vegetal es la glucosa o fructosa, y cualquier otra reserva energética (almidón, sacarosa, insulina, aceite graso) es convertida a glucosa

sa previamente a su oxidación.

La ecuación que sintetiza la respiración es:



Esta reacción, como la ecuación de la fotosíntesis solo muestra los productos iniciales y finales de un proceso de oxidaciones parciales con formación de ATP.

La respiración es la fuente directa de la energía metabólica del vegetal, se comprende que es un fenómeno que debe ocurrir siempre, día y noche, para ello es preciso inhibir la fotosíntesis, pues en presencia de luz éste proceso enmascara a la respiración, ya que es su contrario (en los productos iniciales y finales) y es más intenso:

La ecuación:



leída de izquierda a derecha (respiración) ocurre día y noche pero a la luz la reacción leída de derecha a izquierda (fotosíntesis) ocurre y enmascara, aunque no inhibe, al proceso contrario. Esto hace ver que existe un punto en el cual ambos procesos se equilibran mutuamente, en el cual la planta expulsa por la respiración el  $CO_2$  preciso para que fotosintetice con tal intensidad que exhale  $O_2$  suficiente para respirar, de modo que equilibre la fotosíntesis. La planta pasa por éste momento dos veces al día, en la mañana temprano y al atardecer, pues lo determina la deficiencia de luz; cuando éste ocurre, la planta se convierte, por unos instantes, en un sistema cerrado.

Este punto se llama punto de compensación y su determinación es interesante, pues marca el valor de supervivencia de la planta y, por tanto, un valor límite para la iluminación que necesita para sobrevivir.

## PROCESO RESPIRATORIO (6)

La respiración consiste esencialmente en los siguientes pasos:

1.- Los diversos compuestos energéticos de la célula se transforman en glucosa, sustrato de oxidación básica.

2.- La glucosa se activa, adquiriendo fosfato, con lo que adquiere capacidad energética para las reacciones subsiguientes, por las que se transforma en sustratos fácilmente oxidables: los fosfatos de triosa.

3.- Los fosfatos de triosa (el aldehído difosfoglicérico y la fosfodioxiacetona) se oxidan y pierden un H, que es aceptado por una molécula de NAD elevando su contenido energético y luego, por acción de transfosforilasas, pierden P, que pasa a formar ATP, con lo cual la energía de oxidación se va a ésta molécula.

Al perder todo el fósforo, queda ácido pirúvico y se han generado 4 moléculas de ATP; de éstas, dos quedan en la energía de activación; las otras dos son parte de energía propia de la glucosa, de la energía libre de la reacción, es decir, ganancia neta para la célula.

4.- El ácido pirúvico se descarboxila y queda una molécula de C-C incompleta, que se une a un ácido de 4-C (el oxalacético) para formar un ácido de 6-C (ácido cítrico). Para esta síntesis se precisa de la acción de la acetilcoenzima A, gracias a la cual la molécula C-C forma acetaldehído activado.

5.- A partir del ácido cítrico hay varias descarboxilaciones y deshidrogenaciones, de modo que se van formando una serie de ácidos orgánicos de 6-C, 5-C y 4-C, hasta formar oxalacético, que regenera al ácido cítrico. Es una serie cíclica de reacciones llamada ciclo de Krebs y en las deshidrogenaciones ocurridas se libera energía hasta formar en total 34 moléculas de ATP. El proceso se resume a continuación.

La energía respiratoria es la fuente de energía =

gracias a la cual se ejecutan todos los trabajos metabólicos. La respiración es el eje metabólico, pues no solo es la fuente energética, sino también la fuente de compuestos químicos a partir de la cual se sintetizan muchos otros compuestos esenciales para la vida, por ello el ciclo de Krebs recibe el nombre de molino metabólico. El proceso respiratorio puede tomar otras vías alternativas de oxidación; tales como la vía de las pentosas o vía de la hexosa monofosfato.

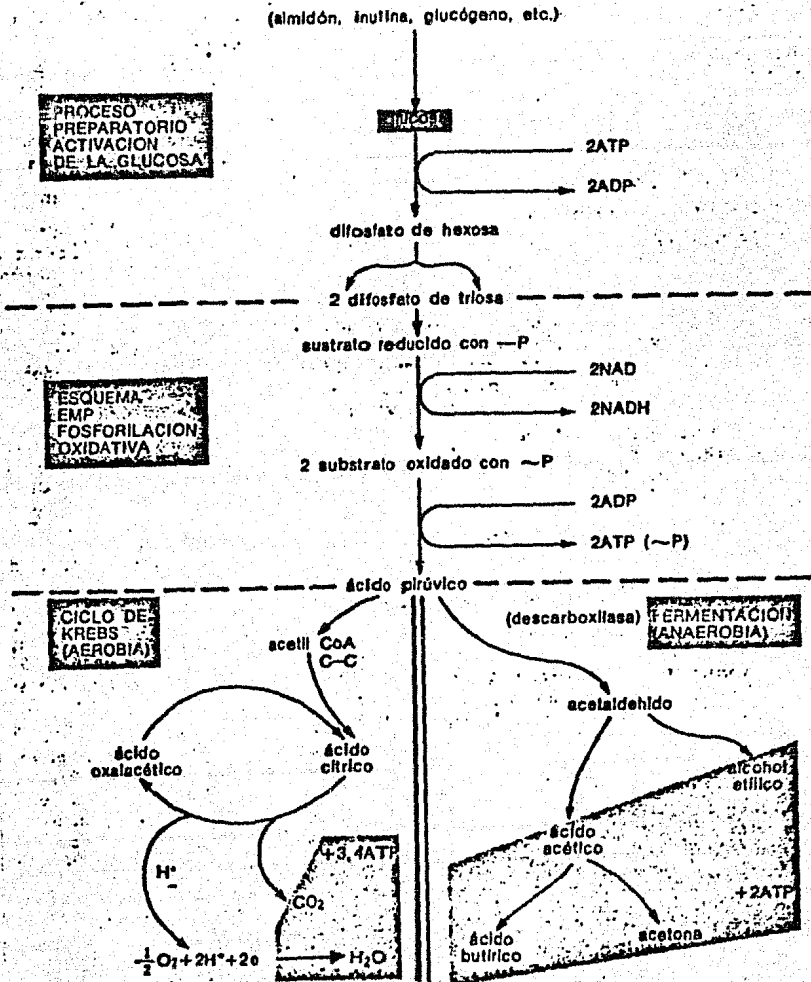


Fig.4 Esquema general de la respiración aerobia y anaerobia. (6)

## LA SEMILLA (7)

La formación de la semilla en las plantas superiores depende del proceso de la reproducción sexual en la flor.

Seis pasos tienen lugar en el desarrollo de las estructuras de la planta que originan la formación de la semilla y son:

La formación de los estambres y del pistilo en la yema de la flor;

la floración, que indica la madurez sexual de éstos órganos;

la polinización, que consiste en el transporte del polen de los estambres al pistilo; la germinación del polen; y la formación del tubo polínico;

la fecundación del núcleo del huevo y de los núcleos polares por los núcleos espermáticos a través del tubo polínico;

crecimiento del huevo fecundado y su diferenciación en un embrión, además de una capa envolvente -la semilla- y;

madurez de la semilla, generalmente con una acumulación de alimento almacenado.

Los granos de polen son llevados de los estambres al estigma del pistilo por los insectos, el viento, o por la gravedad. Este paso crucial puede ser seriamente impedido si las condiciones no son favorables.

Los granos de polen germinan en la superficie del estigma y producen un largo y delicado tubo, que crece a través del tejido del estilo hacia el óvulo. Dos núcleos masculinos, o espermias, se dirigen hacia abajo en el tubo polínico para alcanzar al óvulo; uno se une con el huevo en el saco embrionario del óvulo; el otro con los dos núcleos polares.

El huevo fecundado origina una planta rudimentaria, el embrión de la semilla, punto de partida de la siguiente formación de la planta. El núcleo polar fecundado, origina un te

jido llamado endosperma que rodea y nutre al creciente embrión.

El endosperma puede ser absorbido completamente por el embrión, cuando la semilla llega a su completa madurez. Entre los cereales, el endosperma forma la mayor parte alimenticia de la semilla.

Así, estructuralmente, la semilla es una planta en embrión en estado de reposo, que está rodeada por una envoltura y que puede tener un endosperma.

El embrión tiene uno o mas cotiledones que, en muchos casos, formaran las primeras hojas cuando la semilla germine.

Entre los cotiledones se encuentran localizados dos puntos germinativos; el hipocotileo que formara la raíz y el epicotileo que dara origen al retoño.

La semilla es importante como organo de almacenamiento por que el principio del crecimiento y desarrollo dependerá de las sustancias almacenadas en los cotiledones y en otras partes alimenticias de la semilla.

La cubierta o testa se desarrolla de una o dos capas exteriores o integumentos del óvulo. Estas capas forman una envoltura, cuya función es proteger al embrión contra la sequedad, daños mecanicos y ataques de insectos, hongos y bacterias. Comunmente la capa exterior es resistente y durable, y la interior delgada y membranosa. A menudo las dos parecen fusionarse en una sola capa.

Desde el punto de vista de su función, la semilla es el artificio para la reproducción, conservación, aumento y diseminación de las diferentes especies de plantas. Las semillas proporcionan tambien alimento a la humanidad, a los animales y a otros seres vivientes. Son la materia prima para gran cantidad de productos empleados por el hombre.

La disponibilidad de buena semilla es de capital importancia para el propagador, ya sea que la recolecte o produzca él mismo o que la consiga de otra persona. En la ejecución

de cualquier cultivo, el costo de la semilla por lo general es bajo en comparación con otros costos de producción y, sin embargo, ningún factor aislado es de tanta importancia para determinar el éxito de la operación.

### CALIDAD DE LAS SEMILLAS (8)

Una provisión de semillas viables es primordial para tener éxito en la propagación por semilla. La diferencia entre una semilla viva y una muerta es caracterizada por una declinación gradual en su vigor y por la aparición de necrosis o lesiones en áreas localizadas de la semilla. La viabilidad está representada por el porcentaje de germinación, el cual expresa el número de plantulas que puede producir un número dado de semillas. Las características adicionales de la viabilidad son de que la germinación debe ser pronta, el crecimiento de las plantulas vigoroso y el aspecto de las mismas normal. Por lo tanto el vigor de las semillas y de las plantulas son atributos importantes de la calidad, pero pueden ser algo difíciles de medir. Con frecuencia, se encuentran asociados un porcentaje y una velocidad de germinación bajos. La reducción en estas características puede ser el resultado de diferencias genéticas entre cultivares, desarrollo incompleto de la semilla en la planta, lesiones durante la cosecha, manejo y almacenamiento inapropiado, enfermedades y envejecimiento. La pérdida de viabilidad, por lo regular, va precedida por un periodo de declinación de vigor.

Las semillas de poco vigor pueden no ser capaces de resistir condiciones desfavorables en la cama de siembra, pueden sucumbir por ataques de organismos patógenos, o pueden carecer de fuerza para emerger. La supervivencia de semillas poco vigorosas, en general, tiende a ser menor que lo que indicaría el porcentaje de germinación logrado en el laboratorio.

## LA SEMILLA MADURA (8)

Botánicamente la semilla de las angiospermas es un óvulo maduro, encerrado dentro del ovario o fruto. Las semillas y los frutos de las diferentes especies varían mucho en su aspecto, forma, tamaño, situación y estructura del embrión, así como en la presencia de tejidos de almacenamiento. Estas diferencias son útiles para su identificación. Desde el punto de vista del manejo de la semilla, no siempre es posible separarla del fruto, ya que a veces forman una unidad. En esos casos, el fruto mismo se trata como semilla; como ocurre con el maíz y el trigo.

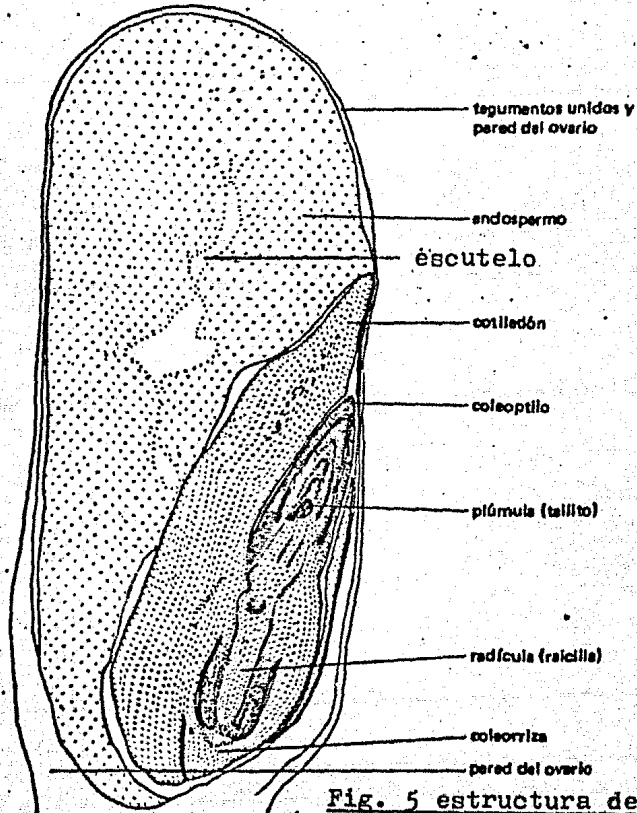


Fig. 5 estructura de semilla de maíz  
(9)



### PARTES DE LA SEMILLA MADURA (8)

La semilla tiene tres partes básicas a) el embrión b) los tejidos de almacenamiento de alimentos y c) las cubiertas de la semilla.

Embrión; es una nueva planta que resulta de la unión, durante la fertilización, del gameto masculino con el femenino. Su estructura básica consiste en un eje con puntos de crecimiento en cada extremo, uno para el tallo y uno para la raíz y una o mas hojas seminales (cotiledones) fijadas en el eje embrionario. Las plantas se clasifican segun el numero de cotiledones.

Tejidos de almacenamiento; pueden ser los cotiledones, el endospermo, el perispermo, o en las gimnospermas, el gametofito femenino haploide. A las semillas en las cuales el endospermo es grande y contiene la mayor parte del alimento almacenado se les llama semillas albuminosas; a aquellas que carecen de endospermo, o bién está reducido a una capa delgada que rodea al embrión se les llama semillas exalbuminosas. En el último caso, la reserva alimenticia está en los cotiledones y el endospermo fue digerido por el embrión durante el desarrollo de éste. El perispermo, que se origina en la nucela, ocurre en unas cuantas familias de plantas como las Chenopodiaceae y Caryophyllaceae.

Cubiertas de la semilla; las envolturas de la semilla pueden estar formadas por las cubiertas de la misma, por los restos de la nucela y a veces por parte del fruto, Las cubiertas de la semilla, por lo comun son una o dos, se derivan de los tegumentos del óvulo, durante el desarrollo se modifican y en la madurez presentan un aspecto característico. La cubierta exterior se seca, se endurece y engrosa, tomando cierta coloración, la cubierta interior usualmente queda delgada, membranosa y transparente. Dentro de ésta capa se encuentran remanentes de la nucela y del endospermo que a veces forman una capa distinta y continua alrededor del embrión.

## PROCESO DE GERMINACION (7.8)

En la época en que la semilla se separa de la planta madre, su metabolismo se encuentra en un nivel bajo y no hay en ella señales aparentes de actividad de crecimiento. Durante la germinación de la semilla, el metabolismo celular se incrementa, el embrión reanuda su crecimiento activo, las cubiertas de la semilla se rompen y emerge la plántula. En la fertilización se pasa información genética al nuevo embrión por medio del DNA contenido en los cromosomas. Durante el desarrollo de la plántula los genes se vuelven activos o permanecen inactivos de acuerdo con un programa codificado y predeterminado. Los genes activados efectúan síntesis de proteínas hasta que son desactivados en un punto posterior del desarrollo. En consecuencia, las enzimas específicas y las proteínas estructurales disponibles en un período determinado constituyen la base para el crecimiento diferencial y el desarrollo.

Si la semilla es capaz de germinar de inmediato cuando se le expone a las condiciones ambientales adecuadas, se dice que está quiescente o no latente. La diferencia entre semillas latentes y quiescentes estriba en que las primeras, el control de la germinación se debe a mecanismos internos de la semilla y en la segunda a factores ambientales externos a la misma.

En consecuencia para que la germinación empiece se deben llenar tres condiciones: Primera: la semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar. Segunda: las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, esto es, deben haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación. Tercera: la semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales apropiadas. Los requerimientos fundamentales son la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, una provisión de oxígeno y a veces, luz. Las condiciones internas de la semilla pueden cambiar con el tiempo y en consecuencia, los requerimientos

ambientales también pueden variar debido a que pueden afectar se por el estado interno de la semilla.

El proceso de germinación se encuentra diferenciado en estadios. El primer estadio de la germinación, activación o despertar, puede completarse en un periodo de minutos o de horas.

La semilla seca absorbe agua, el contenido de humedad aumenta con rapidez y luego se estabiliza. La absorción inicial de agua significa la imbibición de la misma por los coloides de la misma, lo cual ablanda las cubiertas de la semilla y ocasiona hidratación del protoplasma. Como resultado de ello, la semilla se hincha y sus cubiertas pueden romperse. Dado que la absorción de agua se contempla en gran parte como un proceso físico.

Los componentes del sistema de sintetización de proteínas de la célula (diversas moléculas de DNA y RNA) se activan. Se formaron durante el desarrollo de la semilla y se volvieron inactivos a medida que maduró la semilla. Después de la absorción de agua éste sistema es reactivado para permitir la continuación de la síntesis de proteínas. Las enzimas producidas por la síntesis de proteínas controlan las actividades metabólicas de la célula, algunas de ellas fueron producidas durante el desarrollo de la semilla y deben volverse a activar. Otra se sintetizan después del comienzo de la germinación.

De las ligaduras de gran energía del trifosfato de adenosina (ATP) que se encuentra en las mitocondrias, se vuelve disponible la energía requerida para la síntesis de proteínas. Algunos de esos sistemas se formaron durante el desarrollo de la semilla, se conservaron en la semilla latente y se reactivaron con la hidratación de las células.

El segundo estadio de la germinación significa digestión y translocación. La absorción de agua y la respiración ahora continúan en un ritmo constante. Los sistemas celulares se han activado y los sistemas de proteínas están funcionando

para producir diversas nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc., para efectuar las funciones celulares y sintetizar nuevos materiales. Aparecen enzimas y empiezan a digerir materias de reserva (grasas, proteínas, carbohidratos) contenidas en los tejidos de almacenamiento (cotiledones, endospermo, perispermo o megagametofito) a compuestos químicos mas sencillos: Estos compuestos luego son translocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario para usarse en el crecimiento y la formación de nuevas partes de la planta.

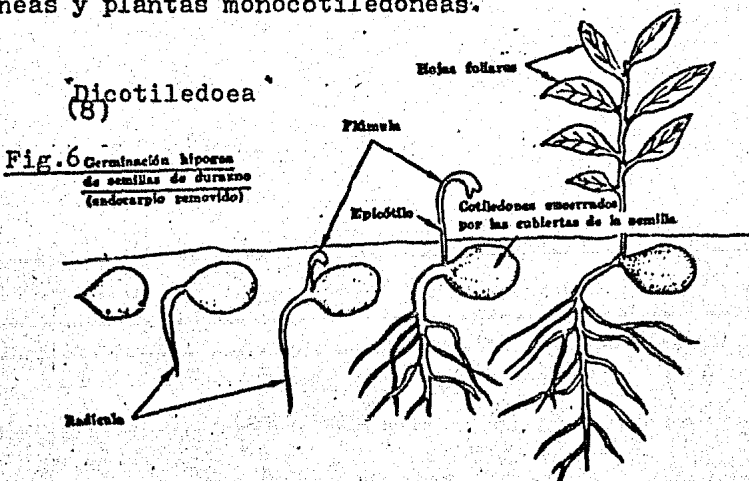
En diferentes especies de plantas, los patrones metabólicos dependen en gran parte de los tipos de reservas químicas de las semillas. Las grasas y los aceites se convierten enzimáticamente a ácidos grasos y finalmente a azúcares. Las proteínas de almacenamiento, presentes en la mayor parte de las semillas, constituyen una fuente de nitrógeno fundamental para la plántula en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar. La secuencia de los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación significa la activación de enzimas específicas en el momento adecuado y la regulación de su actividad. El control puede efectuarse dentro de las células por diversos procesos bioquímicos y pueden depender de la presencia de sustancias químicas específicas.

El tercer estadio de la germinación de semillas consiste en la división celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario seguida de la expansión de las estructuras de la plántula. (El alargamiento celular y la emergencia de la radícula son indicadores tempranos de germinación y pueden marcar la terminación del primer estadio. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento parece ser independiente de la iniciación del alargamiento de la célula y puede no intervenir en forma directa con la emergencia de la radícula). Una vez que principia el crecimiento en el eje embrio-

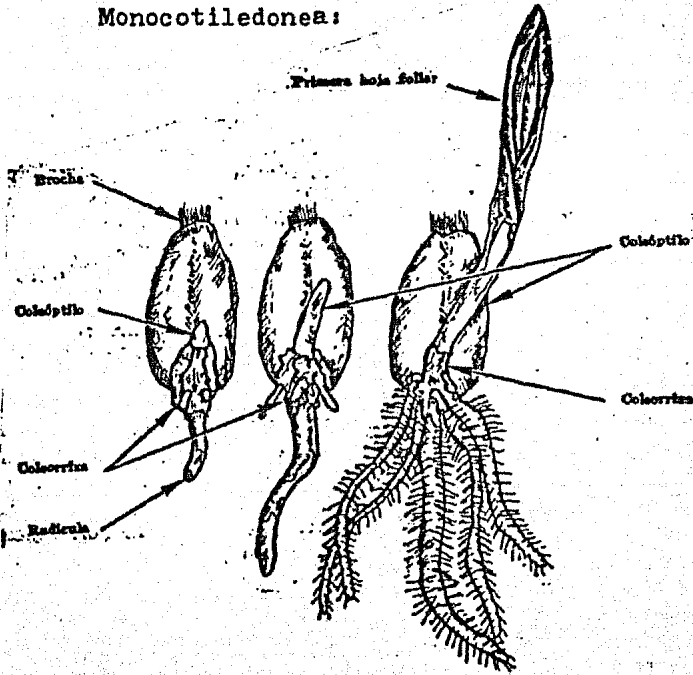
nario, aumenta el peso fresco y el peso seco de la plántula pero disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento. La respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta en forma constante con el avance del crecimiento. Finalmente, cesa la actividad metabólica en los tejidos de almacenamiento, excepto en las plantas en que los cotiledones se vuelven activos en la fotosíntesis.

A medida que avanza la germinación, pronto se pone de manifiesto la estructura de la plántula. El embrión está formado por un eje que tiene una o mas hojas seminales o cotiledones. El punto de crecimiento de la raíz; la radícula; emerge de la base del eje embrionario. El punto de crecimiento del brote, la plúmula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, arriba de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección situada abajo de los cotiledones, hipocotilo y la sección que se encuentra arriba, el epicotilo.

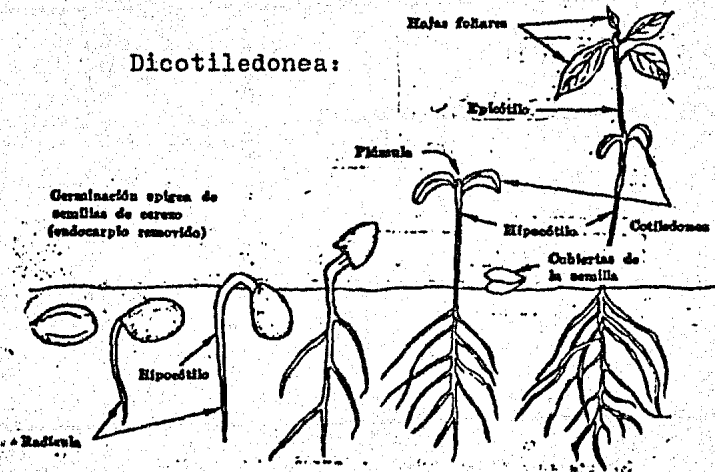
El crecimiento inicial de la plántula sigue dos patrones. En un tipo de germinación Epigea, el hipocotilo se alarga y eleva los cotiledones sobre el terreno. En otro tipo, germinación hipogea, el alargamiento del hipocotilo no eleva los cotiledones arriba del nivel del suelo y solo emerge el epicotilo. El patron de germinación difiere entre plantas dicotiledoneas y plantas monocotiledoneas.



Monocotiledonea:



Dicotiledonea:



## CRECIMIENTO, DIFERENCIACION Y DESARROLLO (6,10)

Desde que germina la semilla, conforme pasa el tiempo, la planta va creciendo, sus células se dividen y multiplican y luego se alargan; el efecto, es que la planta aumenta en tamaño y peso; crece. El crecimiento bajo este concepto restringido es meramente el aumento en la masa de la planta y es por tanto un fenómeno cuantitativo, susceptible de medirse expresándolo como aumento de la longitud o del diámetro del cuerpo del vegetal y aumento en peso, paralelamente al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en las estructuras contenidas en su protoplasma, especializándose o diferenciándose en funciones determinadas. Como un efecto la planta va desarrollando tejidos y órganos y su metabolismo general se modifica; va madurando. Estos cambios son cualitativos.

La diferenciación celular y orgánica es cuantitativa y depende de la proporción de tales o cuales hormonas, enzimas y metabolitos, pero su expresión cuantitativa es tan complicada que no la conocemos y es preferible tratarlo cualitativamente. En la planta normal el crecimiento y la diferenciación transcurren paralelamente y, por ello, lo tratamos como desarrollo; sin embargo bajo ciertas condiciones se rompe el paralelismo y es conveniente, para analizar el desarrollo, distinguir entre ambos fenómenos, si bien es cierto que tal distinción no es posible hacerla siempre en el proceso normal del desarrollo.

El desarrollo del vegetal puede observarse en un momento dado al estudiar la radícula de una planta, la multiplicación celular, ocurre a unos dos milímetros de la cofia; el alargamiento celular, ocurre un poco mas arriba, donde las células ya no se dividen, y la diferenciación ocurre mas arriba aun donde las células no sufren aumento en número ni tamaño, estas células toman diversas especializaciones, por lo que aparecen los tejidos.

En todos los vegetales se pueden distinguir dos ran

gos de células: unas son indiferenciadas, totipotenciales (plasma germinativo), capaces de formar un nuevo individuo con todos sus tejidos y órganos, pues llevan todas las potencialidades de la especie; otras células son diferenciadas, especializadas en una forma y función particular e incapaces de dar células diferentes a sí mismas o aún de dividirse (plasma somático).

La distinción entre plasma germinativo y plasma somático es fundamental, pero una distinción tajante entre ambos rangos es difícil de establecer, pues las células vegetales retienen muchos caracteres embrionarios, el meristemo es un término amplio y designa tejidos con células en crecimiento y división sin tomar en cuenta si aún están indeterminadas respecto a su destino o empiezan a diferenciarse.

Es característico de las células indiferenciadas, embrionaria o meristemática el poseer un protoplasma desprovisto de corpúsculos diferenciados. Muestran una alta intensidad respiratoria, un activo metabolismo e incluso intensa síntesis de proteínas, por el contrario, la célula especializada o diferenciada muestra en el vegetal, una gran vacuola que ocupa casi toda la cavidad celular, con el protoplasma lleno de cuerpecillos diferenciados según la función del tejido; el metabolismo es menos intenso que en los meristemos, y la síntesis de proteínas casi se reduce a reponer las que se pierden en el catabolismo.

Una célula con el metabolismo poco activo no se multiplica rápidamente, en realidad, el determinismo de la división celular no se conoce; al parecer se trata del rompimiento de equilibrios fisicoquímicos, probablemente del fenómeno de membrana, pues se ha comprobado la pérdida de la relación nucleoprotoplasma, que se produce al aumentar la tasa protoplásmica por síntesis de proteínas sin que aumente correlativamente el núcleo, desencadena los mecanismos de mitosis. La inducción de la mitosis está medida por sustancias químicas hormonales, típicamente las citocininas responsables directas de la división.



### CRECIMIENTO NORMAL (6,10)

La cinética del crecimiento de una planta sigue una curva sigmoidea, en la que se distinguen tres partes: a) un periodo temprano de corta duración en el que el crecimiento es lento, correspondiente al estado de plántula; b) un periodo central de rápido crecimiento, que corresponde al periodo vegetativo de la planta, y c) un periodo final en que el crecimiento va siendo cada vez menos acelerado, hasta hacerse nulo, y que corresponde a la floración y maduración del fruto, hasta la madurez final.

La cinética del crecimiento obedece a tres factores principales: 1) el tamaño del organismo, pues cuanto mayor sea el número de células en división y alargamiento, mayor será el crecimiento en la etapa inicial; 2) a la relación en el tamaño actual del organismo y el estado final que puede alcanzar dada su especie, ésta relación expresa en parte la edad fisiológica de las células, y es claro que cuanto más jóvenes o meristémicas sean, más rápida será su multiplicación; 3) a una constante que difiere para cada especie.

El crecimiento como todo proceso fisiológico, está influenciado por los factores del medio externo y, como éste proceso depende estrechamente de la energía liberada en la respiración, la que a su vez es una serie de reacciones termoquímicas; es comprensible, entonces, que el crecimiento dependa de la temperatura, como principal factor del medio, presentando un mínimo hacia los 5 o 10°C, un óptimo hacia los 35°C y un máximo hacia los 45°C. De los 10 a los 30°C, más o menos el crecimiento sigue la ley de Van't Hoff, es decir, su  $Q_{10}$  se aproxima a 2 el óptimo para el crecimiento no coincide con el óptimo para otras funciones importantes, primordialmente la fotosíntesis, por lo que las plantas expuestas de modo constante a temperaturas de 30°C o mayores, se muestran débiles, cloróticas y presentan el fenómeno de crecimiento forzado.

La luz es también un importante factor del crecimiento. Las plantas que crecen en falta de luz, además de tener un pobre contenido de clorofila, se alargan en su eje longitudinal y muestran retardo en el desarrollo foliar; este fenómeno se denomina ahilamiento o etiolación. La planta ahilada o etiolada sufre una falta de diferenciación.

El crecimiento tiene sus propias leyes y sus reguladores hormonales, pero es también una expresión de la fisiología general del individuo, por lo que la curva normal de crecimiento solo se presenta en un medio ecológico óptimo y cuando hay variaciones o deficiencias en los factores del medio, se reflejan en desviaciones de la curva de la expectación normal.

El organismo multicelular se caracteriza por un crecimiento organizado de sus diversas partes, que incluye una diferenciación armónica de los tejidos. Cada especie tiene una determinada forma en sus órganos; en la implantación de las hojas, en sus ramificaciones, etc. La forma de los órganos depende de la distribución de las células, y a su vez ésta depende del plano de división de las células en los puntos de crecimiento y del plano de alargamiento de las células recién formadas. La forma del vegetal descansa, en la polaridad en la distribución de los cromosomas durante la mitosis.

Cuando las células se dividen siempre en un plano el tejido resultante forma una cinta; si las divisiones ocurren en dos planos se forma una estructura laminar; si se dividen conforme a tres planos, formarán una masa de células con largo, ancho y grueso. La forma que tenga la estructura resultante dependerá de la orientación que vayan tomando los cromosomas al dividirse.

La polaridad del crecimiento depende de estímulos físicos como la luz, gravedad, etc. y de sustancias químicas presentes en el organismo. Desde hace mucho tiempo se conoce que en el crecimiento existe una correlación de efectos, de

manera que una parte del cuerpo del vegetal puede estimular o inhibir el crecimiento y la diferenciación de otras partes del organismo. Es evidente que ésta correlación de efectos debe tener como causa inmediata la presencia de sustancias químicas; de hecho, las auxinas son importantes en éste aspecto, al igual que las giberelinas y citocininas, así como los inhibidores. Sin embargo es probable que existan otras hormonas de correlación desconocida.

### ESTADOS FÁSICOS Y MORFOGENESIS (6,10)

La planta superior inicia su vida autónoma como un embrión, por lo que se llama embriofita, el embrión es ya una estructura organizada y relativamente diferenciada, mucho más que la masa de células iguales entre sí en morfología y fisiología. Cuando la semilla se coloca en situación adecuada, germina, las células del embrión se multiplican y se alargan y después de unos meses o años, según las especies, se tiene un individuo con miles de células y varios metros de altura. Paralelamente a este crecimiento, la planta ha ido formando tejidos y órganos; ha ocurrido una diferenciación de sus células, y han aparecido formas; ha sufrido un proceso de morfogénesis.

La diferencia entre una planta juvenil y una senescente no es solo de tamaño y forma; implica una diferencia mucho más profunda, que abarca muchos aspectos fisiológicos y fisiogénéticos. A menudo la planta presenta óptimos de temperatura diferentes a la planta adulta; muchas especies presentan diferente susceptibilidad a las enfermedades según la edad; la capacidad de retener las hojas es más alta en las ramas y árboles jóvenes, en ocasiones la forma de las hojas varía con la edad.

El proceso de embrión a planta senil no es continuo; en él pueden reconocerse fases en las que las exigencias fisiológicas de la planta cambian. Se pueden así reconocer los

siguientes estados fásicos del desarrollo: embrión, plántula, estado juvenil, estado reproductor, senilidad. El concepto del desarrollo fásico, señalado por Lysenco, puede condensarse en los siguientes puntos: a) Crecimiento y diferenciación son fenómenos diferentes; b) La diferenciación depende de factores ambientales que inducen cambios cualitativos, los que se cifran en diferentes estados fisiológicos; c) Los estados se suceden en orden y si uno se suprime los demás son inhibidos; por tanto, la floración empieza realmente desde el estado embrionario, y d) Puesto que diferenciación y crecimiento son fenómenos diferentes, se puede tener, según las condiciones ambientales, plantas en que ambos sean rápidos, en que ambos sean lentos o en las que un fenómeno sea rápido y el otro lento.

Entre los factores externos que gobiernan la planta y su desarrollo, son de gran importancia la temperatura, que tiene mayor influjo en el crecimiento, y la luz en el desarrollo, pero éste es solo superficialmente verdadero, pues ambos factores interactúan de modo muy complejo. Pero si es cierto que el factor morfogenético más importante es la luz, y principalmente la luz roja.

Se sabe bien el importante papel que juega la luz en la determinación de la floración y en la síntesis de clorofila, pero en realidad las fotorrespuestas de la planta son mucho más amplias; por ejemplo en algunas plantas son: inhibición del alargamiento del hipocotilo, formación y posterior diferenciación de las hojas primarias, formación de tejidos de transporte, cambios en la respiración, aumento en el contenido de proteínas y más activo metabolismo.

Las plantas en el curso del desarrollo y de los cambios fásicos que lo integran, no son comparables a un autómatas que sigue simplemente un plan programado, sino que actúan como un servomecanismo en cuyo programa se hubiese incluido la capacidad de seleccionar por pruebas sucesivas de ensayo y error, adaptando su comportamiento al medio gracias a una capa

cidad fundamental; la retroacción.

### ESTADO VEGETATIVO (6,10)

Cuando germina la semilla, las células del embrión empiezan a multiplicarse, para posteriormente dividirse y diferenciarse, de manera que el embrión se transforma poco a poco en una plántula; al emerger, sus hojas se tornan verdes por la síntesis de clorofila y prosigue su desarrollo dando lugar a una planta en estado juvenil. En ésta, las células tienen asignados diversos trabajos y se conjuntan en tejidos; pero al ocurrir el proceso de diferenciación, quedan grupos de células que no se diferencian sino que siguen fieles al tipo embrionario de que provienen. Estos grupos quedan como masas aisladas al diferenciarse las células circundantes, con lo cual se forman las yemas, de las que provienen los nuevos órganos. Estos órganos llevan en cierto sentido células especializadas, pero que intimamente siguen fieles al tipo embrionario, indiferenciado, y por ello conservan todas las potencialidades de su especie. Tales son los gametos que forman al nuevo individuo.

El periodo que va desde que la plántula emerge hasta que inicia la formación del botón floral, se conoce como periodo vegetativo y durante el la planta sufre el proceso de gran crecimiento o crecimiento logarítmico. Este periodo forma un estado fásico bien diferenciado durante el cual la planta presenta una resistencia a enfermedades diferente a la mostrada tanto en el estado embrionario como en el reproductor después de la floración, así como diferente resistencia a algunos factores, tales como temperaturas críticas, sequía, etc..

Durante el estado vegetativo, la planta responde al estímulo de los factores del medio de manera particularmente diferente a como responde en otros estados. Conforme a los conceptos de Lysenko, sobre el desarrollo, no es esencial que la planta presente crecimiento para que sus células sufran di-

ferenciación, pero en cambio si es preciso que reciba el estímulo de los factores del medio para que ocurran los cambios cualitativos citológicos que le permitan pasar a la floración.

Lysenko dice que durante el periodo vegetativo la planta pasa primero por un estado en el que es responsiva a la temperatura, el termoestado, debiendo pasar un periodo, termo periodo, de cierta temperatura crítica; posteriormente la planta entraría en otro estado, durante el cual es responsiva a las horas luz, fotoestado, en el que debe recibir un mínimo de horas de obscuridad, fotoperiodo, previo a la floración.

Para que la planta responda a los agentes físicos del medio, es preciso que el estímulo físico (calor, frio, luz, etc.) se convierta en estímulo químico, con lo cual la relación ecológica queda transformada en interrelación fisiológica.

#### ASPECTOS FISIOTECNICOS DEL DESARROLLO (6)

El buen desarrollo de la planta es determinante en su productividad. Loomis asienta que un sistema agrícola es en esencia un sistema fotosintético y debe evaluarse en términos de eficiencia de conversión de energía. Puede haber otros métodos de aproximación para evaluar la productividad de un ecosistema agrícola, pero no parecen ser idóneos.

Al considerar los aspectos aplicados del metabolismo básico, se presenta la manera de calcular el rendimiento máximo teórico en base a la fotosíntesis, así como la imposibilidad de alcanzar este valor, por la acción de los factores limitantes del medio. Sin embargo, una visión menos básica, pero por lo mismo mas aplicable en la utilización de la planta, se obtiene considerando no solo su metabolismo básico, sino todo su desarrollo en función de la productividad.

Si bien hay factores limitantes que el hombre no puede variar, si es posible modificar la ecología creando un microclima, que es donde realmente se desarrollan los cultivos.

El agua de riego, los nutrientes, los enemigos naturales, el viento, son modificados en la agricultura intensiva. Así el hombre en medio de un desierto con suelo muy pobre -sic- puede tener un campo de cultivo cuyas condiciones ecológicas internas se aproximen a las de una selva tropical.-

La modificación del microclima no es tarea fácil y en realidad exige esfuerzo y dinero en gran cantidad; por ello, la agricultura intensiva solo se efectúa donde el clima permite amplias ganancias antes de volverse limitante. El tipo de ecología que se necesita, no es la ecología de poblaciones, sino la autoecología o ecología fisiológica, pues la planta es producto del ambiente en tanto éste es adaptado por el hombre a las exigencias del cultivo.

Klages dice que la capacidad productiva de un área dada depende primariamente de sus condiciones climáticas, y si la región se aproxima al óptimo ecológico para un cultivo dado los rendimientos de éste serán uniformemente altos y las variaciones de un año a otro poco pronunciadas, pero los rendimientos son bajos; ésta contradicción indica que falla la técnica de cultivo; cultivando especies desadaptadas o porque no ha sabido manejar el microhábitat agrícola.

Loomis propone como camino de investigación, el diseño de un modelo de producción apoyado en submodelos de intercepción de la radiación, de la utilización de la fotosíntesis y del fotosintetizado en el crecimiento, éstas ideas fueron planteadas en la parte de metabolismo básico, de éste trabajo.

La fisiología tiene un importante medio para modificar la vida de la planta.

Los factores físicos del medio se hacen actuantes cuando la planta los traduce a un lenguaje químico; si es posible operar sobre los factores físicos, también lo es operar sobre la química del vegetal.

## LA PLANTA Y SU MEDIO AMBIENTE (10)

El desarrollo y crecimiento de las plantas depende primero de su constitución genética y, segundo, del ambiente.

La constitución genética de una planta no esta sujeta a alteraciones, excluyendo las mutaciones somáticas, pero los componentes de un cultivo pueden tener constituciones genéticas ligeramente diferentes y ésto da lugar a variaciones.

Factores diferentes del medio ambiente inducen también a variaciones. La variabilidad es quizás el problema más general y fundamental en el estudio del crecimiento y desarrollo de las plantas.

A mayor variabilidad de las plantas experimentales mayor número de plantas es necesario por tratamiento.

El estudio del medio ambiente de la planta es muy amplio, no porque existan muchísimos factores, sino porque cada factor por separado está sujeto a un número infinito de variaciones cuantitativas y por que existe una acción recíproca constante entre todos los factores. Un cambio en un factor influye en la acción de muchos otros, y en muchos casos es casi imposible atribuir ciertos efectos definidos a un factor aislado sin considerar los otros. Esto hace decidir que cierto factor es mas o menos importante que otro. El factor mas importante en cualquier momento dado es el factor límite, pero cualquier factor puede, mas pronto o mas tarde, llegar a ser el límite.

Este trabajo tiene que ser limitado, pero tres de los factores del medio ambiente pueden examinarse con mayor detalle; temperatura, luz y agua.

Con frecuencia los factores como la temperatura, la luz y el agua se regulan sin conocimientos suficientes de sus efectos y esto resulta mas caro que gastar dinero en un experimento para obtener los conocimientos básicos.



Hay tres formas para conseguir la completa regulación racional del clima en la producción de la cosecha. Primero, buscar los efectos exactos de los factores climáticos sobre la planta. Segundo desarrollar los métodos de control técnico en gran escala. Tercero decidir las pertinentes aplicaciones como resultado de las posibilidades económicas. El control técnico de los factores del ambiente es probablemente la más adelantada de éstas formas, aunque los progresos con miras a métodos de aplicación más baratos siempre son posibles.

### TEMPERATURA (10)

En la planta, todos los procesos fisiológicos elementales que no sean fotoquímicos dependen de la temperatura cada uno de ellos tiene un mínimo, un óptimo y un máximo, con un coeficiente de temperatura  $Q_{10}$  de 2 a 3, o sea, que la proporción del proceso se aumenta de 2 a 3 veces por cada aumento de temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  entre el mínimo y el óptimo. En la producción vegetal, la situación es complicada, porque cada proceso tiene su propia temperatura cardinal. Podemos superar esta dificultad considerando que ciertos caracteres de importancia práctica, son el resultado de varios procesos elementales.

La temperatura tal vez es el factor ambiental individual de mayor importancia que regula la germinación y el crecimiento subsecuente de las plántulas.

### TEMPERATURA Y GERMINACION (10)

Las semillas de diferentes especies no solo tienen un límite superior (máximo) y otro inferior (mínimo) de temperatura para la germinación, sino también responden a ciclos específicos de fluctuaciones, estacionales (verano-invierno) o diario (día-noche). Estos requerimientos de temperatura no son necesariamente constantes sino que pueden variar con el tiempo o

interactuar con algun otro factor ambiental como la luz.

En condiciones naturales, los requerimientos de temperatura determinan la época del año en que se efectúa la germinación y son un factor principal en la distribución de las especies.

La temperatura limite para la germinación son características de la especie pero puede variar con el cultivar específico. En general, los requerimientos de temperatura reflejan los requerimientos ambientales de la especie silvestre original de la que descienden, sin embargo, generaciones de selección pueden haber modificado esas características para adaptarlas a las condiciones bajo cultivo y, en algunos casos, son tendientes a eliminar algunos de los requerimientos mas específicos de algunas especies afines en condiciones naturales, así, los requerimientos de temperatura son muy importantes y deben tomarse en consideración.

Es difícil determinar con precisión esos requerimientos de temperatura. Por una parte, la germinación afecta tanto el porcentaje como la velocidad de germinación, por lo general, la velocidad de germinación aumenta en forma directa con la temperatura; esto es, la velocidad es muy baja a temperaturas bajas pero se incrementa en forma continua a medida que asciende la temperatura, en forma similar a una curva de velocidad de reacción química. Arriba de un nivel óptimo, donde la velocidad es mayor, ocurre un descenso a medida que las temperaturas se acercan a un límite letal y la semilla es dañada. Por otra parte, si se deja un tiempo suficiente para la germinación, el porcentaje de esta puede permanecer relativamente constante en la parte media de la gama de temperaturas.

Cierto grupo de semillas pueden clasificarse como de estación fría debido a su capacidad para germinar a temperaturas relativamente bajas, incluyendose plantas que se originaron en climas templados, éstas, no germinan a temperaturas mas elevadas que 25°C o mas.

Las semillas de otro amplio grupo de especies, principalmente de regiones tropicales o subtropicales, se clasifican como de estación cálida, con requerimientos mínimos de germinación de alrededor de 10°C, como para maíz dulce, o de 15°C. Las semillas de algunas de estas especies son susceptibles a daño por frío. La exposición de las semillas a temperaturas de 10 a 15°C durante la imbibición inicial, puede dañar al eje embrionario y producir plantulas anormales. El daño por frío es mas severo si las semillas están muy secas al inicio de la imbibición o si la provisión de oxígeno es reducida.

Las temperaturas óptimas son aquellas mas favorables tanto para la germinación de las semillas como para el crecimiento de las plantulas, quedando en el rango en que se produce el mayor número de plantulas con la velocidad mas alta. Este óptimo puede variar después de la germinación de las semillas, ya que el crecimiento de las plantulas puede tener requerimientos diferentes a la germinación de semillas.

Si las semillas germinan y se hacen crecer las plantulas a temperaturas elevadas, es importante que otras condiciones ambientales sean favorables. Las plantas deben tener mas luz, de preferencia fotoperiodos largos, una fertilización adecuada y estar en condiciones estériles para eliminar germenos patógenos.

La fluctuación de las temperaturas del día y de la noche a veces da mejores resultados que las temperaturas constantes, tanto en la germinación de las semillas como en el crecimiento de las plántulas. Las temperaturas fluctuantes, en ocasiones constituyen una práctica, la alternación debe ser de una diferencia de 10°C.

Es importante conocer los requisitos que necesitan la diferentes semillas para su germinación con el fin de que sirvan de guía para sembrarlas en condiciones apropiadas. Ahora se da mas énfasis a entender las formas en que las temperaturas afectan a la germinación, que a establecer límites rígidos.

LUZ (10,11)

La luz es fuente energética para la fotosíntesis. Durante un tiempo se dudó si las plantas necesitarían un tiempo de descanso análogo al sueño de los animales; hoy se sabe que una planta puede estar iluminada continuamente, y si bien la iluminación constante puede afectar los procesos metabólicos en algunas especies.

La luz es esencial para la planta desde el punto de vista: A) para que la planta sintetice clorofila, B) porque es la energía primaria que la clorofila transformara en energía química. Desde el primer punto de vista, la planta exige una cantidad mínima de luz para que la protoclórofila pase a clorofilida y luego a clorofila, de modo que la falta de luz determina clorosis; conforme se aumenta la intensidad lumínica se aumenta la síntesis de clorofila, hasta un punto pasado el cual un aumento en intensidad lumínica determina mas rápida destrucción de clorofila que síntesis, hasta llegar a clorosis. Toda planta tiene un umbral, a partir del cual un aumento en intensidad lumínica le es nocivo, desde el punto de vista de la luz como fuente de energía del metabolismo, es interesante y de repercusiones prácticas el hecho de que la planta se comporta como un sistema autorregulable, y la eficiencia de conversión de energía lumínica en energía química es mucho mayor cuando recibe intensidades de luz muy bajas. En cambio cuando recibe intensidades cercanas al óptimo, su eficiencia baja mucho, la variación es del orden del 50% de la energía absorbida cuando recibe luz muy debil, y del 5% cuando la intensidad es óptima.

La Luz Artificial en la Experimentación con Plantas.

(10)

En un pasado próximo, el error de algunos biólogos al apreciar los aspectos puramente físicos de la luz y su medida

ha conducido algunas veces a anular conclusiones sobre la influencia de la luz en la forma y comportamiento de las plantas. Es esencial darse cuenta de que hay dos posibles sistemas de evaluación del flujo de la luz, uno basicamente subjetivo y el otro objetivo. En el primero, la energía radiante está expresada en términos de los estímulos fisiológicos para el ojo humano, y la luminocidad de una fuente se mide por comparación directa o indirectamente, con una fuente tipificada que produce ciertos estímulos. Suponiendo que las dos fuentes tienen la misma composición espectral ésta comparación dará una contribución válida del flujo radiante desde la fuente desconocida, pero si sus condiciones difieren de la sensibilidad de la reacción espectral del ojo humano, la medida empieza a ser subjetiva. Este sistema de medida ha alcanzado amplio desarrollo en Ingeniería de Iluminación, ya que la brillantez de una luz es el factor principal en relación con el trabajo humano y el confort. Los mecanismos fotosensitivos de las plantas, sin embargo, tienen reacciones espectrales no relacionadas con las de la retina y el valor de las contribuciones de la luz en relación con los fenómenos de la planta es una medida de la energía radiante incidente sobre el tejido en cada longitud de onda. Por tanto, es esencial que en tales estudios se emplee el método objetivo de medida actual del flujo radiante. Cuando se estudian procesos fotoquímicos se debe, desde luego, recordar que la energía "per quantum" es inversamente proporcional a la longitud de onda y la asignación hecha está en el examen de las reacciones moleculares.

Claro es que la práctica común de exponer las plantas a radiaciones cuyas intensidades se miden en bujías-pie, lux, lúmenes por pies cuadrados o unidades similares subjetivas conducen a anular las comparaciones excepto cuando las fuentes son de idéntica composición espectral. Así si dos fuentes de diferente color tienen que compararse en su efecto sobre el crecimiento de las plantas, debe ser sobre bases de igual radiación

en terminos de energía y no de intensidad luminosa.

El tipo absoluto de medida es un instrumento, tal como un bolómetro o una termopila, que absorbe igualmente todas las longitudes de onda en el espectro visible o casi invisible de las radiaciones electromagnéticas y da un cálculo directo de flujo radiante total que incide sobre él. Detectores rotoelétricos tales como las células "photovoltaic barrier-layer" o el tipo fotoemisivo de la célula pueden emplearse como subtipos, con tal de que su reacción sensitiva espectral este determinada por calibración contra un radiometro de cuerpo negro ya que la mayoría de los instrumentos del tipo de célula fotoelétrica están calibrados en bujias-pie o lux, su uso indistinto en trabajos biológicos deben desplazarse.

Una de las mayores dificultades en la medida del flujo de luz en medio ambiente controlado se debe al hecho de que la luz es raramente unidireccional, e idealmente no debe serlo, en la construcción de las cámaras de vegetación, se procura lo mas posible que todas las partes de la planta queden expuestas todo el tiempo al mismo flujo de luz. Una construcción en la que las plantas solo se irradian desde arriba quiere decir que a medida que las plantas crecen, las hojas mas bajas estarán expuestas a menores radiaciones que las mas altas, tanto a causa de la mayor distancia de la fuente como a causa de la sombra mutua. Si una aproximación a lo ideal se obtiene proyectando luz desde los lados así como desde arriba las dificultades de medida de la radiación insidente llegan a ser mayores dado que la mayoría de los instrumentos practicos tienen una superficie sensible plana y el flujo de luz sobre un plano varía con el coseno del angulo de incidencia. Un metodo para salvar parcialmente esta dificultad consiste en colocar el instrumento sensible a la luz dentro de una esfera integrante translúcida, pero en verdad no se ha hallado aun ninguna solución práctica completa del problema.

ELECCION DE LAMPARAS. (10, 11, 12)

Las fuentes de luz artificiales que pueden emplearse para la radiación de las plantas son de dos tipos principales la termoemisiva o "incandescente" y la de escape de gas el principal tipo está casi exclusivamente reducido a la lampara de filamento de tungsteno en sus diversas formas y vatiaje. Esta propociona un espectro continuo de composición variable con el vatiaje pero con una característica constante: que la emisión aumenta hacia las longitudes de ondas mas largas con un pico en el infrarrojo. Tiene la desventaja de calentar bastante los tejidos. Hay dos tipos principales de lamparas de escape, el tipo directo, como la lampara de mercurio de presión elevada, la lampara de neón y la lampara de sodio, todas caracterizadas por una linea de emisión espectral, y el tipo fluorescente, en el que la corta radiación de la linea de onda de un escape de vapor de mercurio se convierte en una emisión espectral continua por la fluorescencia de un fósforo.

La elección apropiada de los fósforos produce emisiones de composición muy variable y es posible construir una lampara con una emisión de cresta en casi cualquier punto del espectro visible.

La elección de las lamparas para ambientes controlados por lo general se hacen con vistas a uno o dos objetivos principales, bien para cultivar plantas "normales" para el estudio de algunos de los factores distintos de la luz, o para estudiar alguna reacción a la misma. Para ambos propósitos, es conveniente discutir la composición espectral de las lámparas en relación con los tres grupos primarios de las reacciones controladas de la luz, esto es, fotosíntesis, fotomorfogénesis y fotoperiodicidad, ya que el crecimiento total de la planta en relación con la luz constituye una función integrada de estos procesos.

Las lámparas fluorescentes son las mas adecuadas, ya que tienen poca radiación infrarroja y, por consiguiente menos efecto de calentamiento directo sobre el tejido; también ofrecen una selección de composición espectral mucho mayor que ningún otro tipo. Como la proporción máxima de fotosíntesis se produce en la luz roja, las lámparas con una emisión elevada en rojo darán normalmente proporciones mayores de crecimiento, sobre todo porque la expansión del mesófilo es también máxima en el rojo. Los diversos tipos de lámpara "blanca" fluorescente son, por tanto, las mas utiles en general.

### Generalidades de Lámparas Fluorescentes (12)

Las lámparas fluorescentes son fuentes de descarga eléctrica en atmosfera de vapor de mercurio a baja presión y en las que la luz se genera por el fenómeno de la fluorescencia. Determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta de onda corta (253,7 nm) del vapor de mercurio a baja presión, presentaban la propiedad de transformar esta radiación invisible en otras radiaciones de onda larga visible y que, si ésta radiación luminosa se efectuaba solo mientras duraba la excitación, el fenómeno recibía el nombre de fluorescencia.

El rendimiento luminoso que se obtiene con las lámparas fluorescentes es aproximadamente 80 lm/W.

### Color de luz de las lámparas fluorescentes. (12)

Según sea la composición de los polvos fluorescentes que recubren la superficie interior del tubo, se obtiene una gran variedad de colores.

Los distintos colores de luz de las lámparas fluorescentes OSRAM se indican por un sistema de numeración de dos cifras, habiéndose adoptado para la primera los niveles de re



producción cromática, según DIN 5035, y para la segunda un cierto criterio de orden interno que conjuga el flujo luminoso con la reproducción cromática y, en algunos casos, el contenido en rojo. El conjunto de todos ellos constituye los grupos siguientes: (12)

Tono de aplicación universal		
25= Blanco Universal	Rg=77	4.000 K
Tonos de muy alto rendimiento luminoso		
20= Blanco Frío	Rg=67	4.100 K
30= Blanco Cálido	Rg=51	3.050 K
Tonos con buena reproducción cromática		
22= Blanco Frío de Lujo	Rg=93	3.900 K
32= Blanco Cálido de Lujo	Rg=85	3.000mK
39= Interna	Rg=94	2.600 K
36= Natura	Rg=78	3.700 K
10= Luz día	Rg=78	6.100 K
19= Daylight 5000	Rg=96	5.000 K
21= Lumulux blanco	Rg=55	4.000 K
Colores especiales		
77= Fluora:		

Tono con acentuada radiación en la zona roja y azul del espectro visible que favorece los procesos fotobiológicos, activando el desarrollo de las plantas.

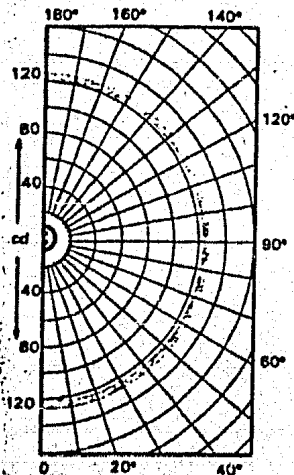


Fig. 9 Curva fotométrica de una lámpara fluorescente.

AGUA. (10)

Dado que la célula es un coloide hidrófilo que, en vida activa, se encuentra en forma de soluto, la planta necesitará agua para formar nuevas células y para rehidratar las que ya posee; igualmente necesita agua para sintetizar muchos de sus alimentos. Pero las necesidades hídricas de la planta sobrepasan muy largamente las que se precisan para cubrir las demandas metabólicas, pues la planta evapora agua como cualquier sistema físico hidratado, y debe cubrir las demandas de la evaporación a través de su epidermis o proceso de transpiración.

El agua perdida por transpiración la repone el vegetal por el proceso de absorción. Los diversos autores han distinguido cuatro tipos de fuerzas que puedan explicar la entrada del agua a la raíz: 1) Imbibición 2) Tensión por transpiración 3) Acción metabólica 4) Osmosis.

La hidratación de la célula por imbibición es innegable; el coloide protoplasmático es extremadamente hidrofílico y adsorbe agua en sus micelas con facilidad; pero una vez que el coloide se ha saturado, cesa su capacidad de adsorber agua. Ahora bien, para que la célula esté en vida activa su coloide debe estar a saturación, o casi en éste punto; por ello es fácil comprender que la absorción por imbibición no juega un papel importante en la entrada de agua a una raíz de una planta activa, aunque sí puede ser una fuerza digna de tomarse en cuenta si la raíz ha padecido extrema sequía y se encuentra parcialmente deshidratada. En cambio, la imbibición es la única fuerza de absorción en el caso de semillas que se hidratan.

La tensión por transpiración es efectivamente una fuerza presente en la planta, el agua de la hoja, al evaporarse jala a las moléculas de agua de los vasos leñosos; pero si el agua del xilema está bajo tensión, no sucede así con el agua de los tejidos parenquimatosos y de los pelos absorbentes de la raíz; el jalón a las moléculas de agua ocurre solamente en

los tejidos conductores. La tensión por transpiración es un factor en el transporte del agua pero no un factor directo aun que si indirecto y muy importante en la absorción. La absorción metabólica o absorción activa ha sido discutida, la planta es capaz de absorber y mover agua contra el gradiente de difusión, para lo cual emplea una parte de la energía respiratoria, pero la cantidad de agua así absorbida es solo una fracción que no va mas alla del 5% total. Al parecer, las hormonas del tipo auxinas tienen cierta acción directa o indirecta sobre la absorción activa del agua.

La ósmosis es el fenómeno que causa la entrada del agua en una raíz en vida activa, excepto de pequeñas cantidades que puedan absorberse por otras fuerzas.

La absorción del agua tiene lugar principalmente en la llamada zona pilífera, algo arriba del ápice de la raíz donde se encuentran los pelos radicales. La absorción del agua por la raíz está en interacción continua con varios factores; como temperatura, oxígeno, bióxido de carbono, etc..

### La planta como indicador. (10)

Las diferentes partes del sistema radicular están a menudo en contacto con humedad de diferentes tensiones y presiones osmóticas, pero la planta responde al completo complejo de las condiciones del sustrato. La proporción total del agua absorbida puede tomarse como medida de las reacciones de la asimilación de todos los pelos de la raíz a la superficie. Dado que las complejidades del sistema no pueden medirse directamente se ha intentado usar la planta como un tensiómetro. Muchos investigadores han procurado encontrar la correlación entre los varios aspectos del comportamiento de la planta y la condición del sustrato, con la esperanza de que las observaciones de algunas características podrían servir como guía práctica para las necesidades de agua de la planta:

Estos estudios se han basado principalmente en las medidas de los siguientes aspectos:

Crecimiento.- Metabolismo de los hidratos de carbono, crecimiento de las hojas, peso seco de las hojas, proporción de prolongación de los tallos y desarrollo de los frutos,

Estado.- Marchitez de tallos y hojas, enrollamiento y equilibrio de las hojas.

Color.- Hojas y flores.

Economía de agua interior.- Proporciones de gotas, presión osmótica del jugo de la célula, contenido de agua en las hojas (turgencia), proporciones de transpiración y grado de apertura de estomas.

Si se considera la planta como el consumidor, el uso de la planta como indicador es quizá el mejor método de fijar las necesidades de riego, éste método se ha seguido con algún éxito, cuando la planta muestra síntomas de escasez de agua, la proporción de crecimiento ya ha sido afectada.

En los ensayos experimentales es a menudo conveniente poder someter las plantas a condiciones de humedad constante y así evitar variaciones en ése factor del medio ambiente. Hay cinco modos principales de tener las raíces en condiciones de humedad uniforme.

1-Soluciones acuosas de cultivo ventiladas

2-Raíces suspendidas en el aire y bañadas constantemente por una solución nutritiva, que por lo general está circulando.

3-Sustrato saturado. Pocas plantas toleran tales condiciones por mucho tiempo, excepto las plantas acuáticas y las adaptadas como el arroz.

4-Sustrato mantenido a la capacidad de campo por aplicaciones frecuentes de agua a la superficie, con drenaje adecuado para evitar saturación.

5-El método a nivel de agua constante, en el que una capa de agua se mantiene a tal distancia debajo de la superficie que la humedad se eleva; a la superficie del sustrato.

Todo el sustrato está así dentro de la franja de capilaridad y habra una graduación ligera de la tensión de humedad desde la superficie a la capa de agua, pero ésta sera constante con el tiempo a cualquier profundidad.

Todos estos sistemas se pueden manejar automáticamente se adaptan bien al crecimiento de las plantas en recipientes y proporcionan condiciones uniformes en las que las tensiones de humedad son siempre bajas. Los metodos también permiten condiciones uniformes de salinidad en el suelo empleando agua en la que se controla el grado de sal. Así, la fuerza total de la humedad del sustrato se controla con facilidad, ya que sus componentes están bajo exacta regulación.

### FACTORES AEREOS (10)

#### Composición de la fase gaseosa.

Aunque la concentración de anhídrido carbónico parece limitar la proporción de fotosíntesis en algunas especies y en ciertas condiciones, no pueden esperarse aumentos en la asimilación, a menos que se aumente la intensidad de luz, por tanto puede haber casos en que sea posible aumentar las proporciones de asimilación neta controlando el contenido de anhídrido carbónico del aire, sobre todo si se emplea iluminación diurna adicional. No se sabe si son posibles otras alteraciones ventajosas en la composición de la fase de gas.

#### Movimiento del aire.

La ventilación y el movimiento del aire son importantes, no tanto en si mismos como en relación con la temperatura y la transpiración. La turbulencia natural de aire en los invernaderos reduce probablemente la necesidad de ventilación

como medio de prevenir el agotamiento de la concentración de anhídrido carbónico en la superficie de la hoja, aunque esto puede ocurrir también en las cosechas densas.

Por otra parte, los efectos perjudiciales del movimiento del aire justifican el uso de formas mecánicas de protección, como paredes etc.. En total, la utilidad de los movimientos del aire incluidos parece estar limitada a las estructuras de ambiente cerrado, excepto en el caso de ensayos en el control de helada.

#### Humedad como factor aéreo.

La humedad relativa del aire es una proporción cuyo valor está muy influido por la temperatura, y es por tanto difícil de controlar estrechamente excepto en la oscuridad en sistemas cerrados que no admiten radiación. Forma parte del complejo de los factores que favorecen la evaporación. Con el uso de neblina, o de riego ligero de aspersion, se introducen gotitas de agua líquida, cuyo calor latente de vaporización reduce la fuerza de transpiración de las plantas. Se han indicado pocos efectos de la humedad sobre el crecimiento de la planta como factor independiente y separado de la evaporación. Si se dispone de agua en abundancia la humedad tenderá automáticamente a elevarse donde estén las plantas, sobre todo en los sistemas cerrados.

INSTALACIONES PARA EL CONTROL DEL  
MEDIO AMBIENTE DE LA PLANTA (10,11)

El uso de ambientes controlados en la experimentación sobre las plantas lo han desarrollado muy rápidamente muchos investigadores independientes, y existen diferentes opiniones sobre los aspectos técnicos. Algunos son equipos relativamente ingeniosos, mientras que otros exigen instalaciones que son costosas de edificar y de dirigir. Algunas instalaciones parecen ser mas esmeradas de lo necesario, mientras que otras no están provistas de un grado suficientemente exacto de control para el trabajo a realizar.

El ambiente puede controlarse para el estudio experimental de las plantas de varias formas, cada una de las cuales tiene sus ventajas e inconvenientes, así como sus propios problemas de trazado y construcción. Parece esencial, al planear la construcción, conocer la naturaleza general de la investigación a realizar en el ambiente controlado; existen muchas posibilidades:

Producción de materiales de plantas uniformes.

Reproducción de las condiciones estacionales de desarrollo óptimo.

Proporciones del crecimiento acelerado.

Aceleración de desarrollo natural.

Estudio de los efectos de los factores del medio ambiente sobre el crecimiento.

Estudio de los factores del medio ambiente.

Identificada la naturaleza general de la investigación a realizar, podemos delinear las características del trazado del módulo, así como definirlo en terminos de dicha naturaleza:

DEFINICIONES DE TERMINOS (10)

Gabinetes de vegetación; se define como una cons\_

trucción, mas o menos cerrada, en las que las plantas verdes pueden desarrollarse, pero no son lo suficientemente amplias para dar entrada al operador, quien llega a las plantas desde el exterior. Los gabinetes pueden ser oscuros y estar provistos de luz artificial, o transparentes y expuestos a la luz del día, con luz artificial supletoria o sin ella.

Locales con temperatura controlada; son unos espacios suficientemente grandes para admitir al operador, con control de temperatura, y a menudo de la humedad, pero con intensidad de luz relativamente baja. Son inadecuados para la vegetación durante largo tiempo. El término de temperatura controlada es preferible a temperatura constante, ya que existe un ciclo en la temperatura y no una constancia tan marcada.

Locales de vegetación; se definen como espacios suficientemente grandes para permitir la entrada del operador, sin exposición a la luz del día, pero con un suministro de luz artificial suficiente para permitir a las plantas verdes un desarrollo mas o menos normal durante periodos de tiempo prolongados. Todos los locales de vegetación estan provistos de luces de mayor o menor intensidad, pero una diferencia técnica importante puede señalarse entre los locales de vegetación en los cuales las luces están comprendidas dentro del volumen experimental (alumbrado interno) y aquellos en los que las luces se localizan sobre una pantalla transparente y están separadas de la planta (alumbrado externo).

Invernaderos; son estructuras suficientemente grandes para admitir al operador, en las cuales el techo y partes laterales son de cristal y estan expuestos a la luz del día.

Fitotrones; este término indica una instalación múltiple que incluye una serie de locales de vegetación, locales con temperatura controlada e invernaderos, donde las plantas pueden trasladarse libremente de un ambiente a otro. La mayoría de los factores del ambiente pueden controlarse, incluso la humedad.



CARACTERISTICAS DE TRAZADO DEL MODULO (10,11)

Invernaderos, locales de vegetación y gabinetes de todas formas y tamaños se utilizan en trabajos experimentales, y en trabajos prácticos, pero es de esperar que las instalaciones para controlar el medio ambiente de la planta se desarrollen de modo más racional. Se estima que las siguientes consideraciones podrían facilitar una base para el planteamiento:

- Debe determinarse el objetivo de la instalación y decidirse sobre: a) los diferentes ambientes que serán necesarios, y b) el hábito general de las plantas que se han de cultivar.

- Se debe determinar el número máximo de plantas que se van a cultivar en cada medio ambiente. Conociendo el número y tamaño de las plantas se puede calcular el espacio experimental que se necesita.

- El alcance máximo de la variación requerida y el grado de variabilidad que puede ser tolerado deben especificarse para cada factor del medio ambiente.

- Debe tomarse la decisión básica para ver si el alcance necesario de las condiciones para cada medio ambiente puede conseguirse con mayor facilidad al aire libre, en un invernadero o en cámaras opacas.

- Se deben considerar los métodos de control de cada factor del medio ambiente y escoger el equipo según su conveniencia, capital y costes de mantenimiento.

Planeadas de esta forma, las instalaciones para el control del medio ambiente facilitamos el desarrollo de la investigación.

Una disposición general del espacio es la primera consideración del diseño de cámaras de vegetación y gabinetes, se pueden distinguir cuatro tipos de espacio:

Espacio experimental; es el espacio para las plantas en desarrollo, con condiciones del medio ambiente, conociendo

das y uniformes, cuanto sea posible.

Espacio de acceso; pasillos para permitir a los trabajadores acceso conveniente a todas las plantas y para el movimiento de las plantas y troles.

Espacio del equipo; para el alojamiento del equipo y su maniobra si fuese necesaria (espacio para elevar o bajar los bancos de luz, almacenamiento de los dispositivos de oscurecimiento, etc.).

Espacio libre; es el espacio que no sirve a ninguno de los propósitos indicados.

El espacio experimental se determinará por el tamaño y número de plantas, el tipo de acceso requerido para cada planta para el propósito de riego, frecuente mantenimiento y registros, de acuerdo a la investigación. Así donde las plantas son mas o menos estáticas, cada planta debe ser facil de alcanzar, y 0.90m es el máximo absoluto desde cualquier punto de acceso, si bien un poco menos es mucho mejor. Una vez decidido, es posible entonces desarrollar el esquema de espacio experimental.

Las dimensiones básicas del espacio serían, de 60 a 90 cm de ancho si tiene que haber un pasillo solo en un lado o de 1.20 a 1.80 m si hay un pasillo a cada lado. La longitud del espacio experimental es mucho mas flexible, aunque en alguna medida estará determinada por las características de la fuente de luz. Cuando las lámparas fluorescentes tubulares tienen que ser la principal fuente de luz, la longitud del lecho puede ser un múltiplo de 1.5 o 2.5 m o sea, los tamaños, respectivamente, de los tipos mas eficientes y baratos de lámparas que hay en la actualidad en el mercado. Referente a la altura, la dimensión crítica es la distancia entre la fuente de luz y la parte superior de las plantas. En un campo sin sombra una diferencia de pocos centímetros en la altura tiene escaso efecto sobre la intensidad de la luz, pero la proximidad a la fuente de luz en una cámara de vegetación es un factor más im-

portante. Al considerar los efectos de la luz sobre el crecimiento de la planta, su intensidad debe medirse con atención. El punto de crecimiento de los vástagos puede convertirse positivamente en unas especies y ser inútil en otras. La superficie superior se suele emplear como el plano de referencia de las superficies asimiladoras, pero es una medida arbitraria. La intensidad de la luz será desde luego mucho más reducida a niveles más bajos, debido a los efectos de las distancias y del sombreado por las partes superiores de las plantas. El método mejor es colocar la iluminación de modo que sea tan uniforme como sea posible en el plano de referencia y entonces ajustar la distancia entre la fuente de luz y la superficie superior de las plantas a medida que crecen. Este ajuste puede hacerse elevando o bajando las lámparas o las plantas, o bien ambas a la vez. Es conveniente montar las lámparas en un bastidor que se pueda suspender por poleas y elevarlo o bajarlo a voluntad, pues es más difícil mover las plantas.

La siguiente decisión básica será determinar si el espacio experimental debe cerrarse directamente, logrando el acceso a las plantas desde el exterior o si los pasillos de acceso deben incluirse como espacio experimental.

Referente a los costos actuales, es imposible dar unos números precisos, porque los detalles varían muchísimo, así como la cantidad de trabajo de construcción que pueda realizarse.

Un punto en favor de los locales de vegetación es que, cuando el área experimental principal está situada en el centro y rodeada por pasillos, es posible utilizar el espacio junto a las paredes para otros propósitos. La temperatura debe ser razonablemente estable y al menos que el banco de luz tenga capucha, habrá luz amplia de las lámparas centrales para mantener buen crecimiento aún cuando la iluminación sea desigual.

Muchos usos podrían encontrarse para este espacio

suplementario de planta. Sería útil fijar una serie de estantes cambiables de unos 60 cm de ancho, alrededor de las paredes para albergar plantas pequeñas cultivadas con otro propósito.

Es una economía falsa estrechar los pasillos en la cámara de vegetación, la anchura mínima para los pasillos debe ser de 90 cm.

Indicaciones para un local de vegetación de propósito general:

- El espacio principal experimental debe estar en el centro de la cámara.

- El espacio no debe ser mas de 1.2 a 1.8 m de ancho si las plantas no tienen que moverse; pero puede ser de cualquier anchura para las plantas en carretillas. Puede ser de cualquier longitud, preferiblemente múltiplos de 1.5 o 2.5 m. si han de usarse lámparas fluorescentes.

- El espacio debe estar rodeado por todas partes por un pasillo al menos de 90 cm de ancho.

- La altura dependera de la longitud de las plantas que se van a cultivar, y si se cultivan desde el suelo o desde un banco o trole debe existir un espacio al menos de 60 cm entre el nivel de la lámpara y el ápice de las plantas mas altas.....

#### CONTROL DE LA LUZ Y DE LA TEMPERATURA (10,11)

El control de la temperatura es facil si el local de vegetación está colocado dentro de un medio ambiente que sea realmente estable. Como es corriente construir locales de vegetación en los sótanos o en medio de un edificio amplio, deben tenerse en cuenta los cambiadores de calor accionados en un espacio libre o en el exterior, esto no es esencial, ya que se han instalado buenos locales de vegetación en barrancas de madera al aire libre. Es corriente dotar las paredes de los lo

cales de vegetación con un aislamiento eficaz, con el fin de protegerlos de los efectos de las variaciones de temperatura del ambiente, y probablemente sea esto prudente para los locales de objetivos generales que tengan que operar sobre una gran amplitud de temperaturas, pero un aislamiento de primera clase no siempre puede ser necesario. Cuando se usen intensidades de luz elevadas, el problema mas importante es la eliminación del calor sobrante. Si las temperaturas medias fuera de la camara son mas bajas que las interiores cuando arden las lámparas, las paredes de conducción térmica elevada quiza podrían emplearse para disipar mejor, mucha de la energía; así se reduce la carga sobre el refrigerador. Con frecuencia puede ser necesario introducir calor en tales cámaras cuando las lámparas no estén ardiendo, pero el costo de ésto podría reducirse procurando que el período de oscuridad en la cámara coincida con las condiciones diurnas, cuando las temperaturas son normalmente mas elevadas que por la noche.

Los locales de vegetación no necesitan ser de construcción permanente y podrían edificarse en forma de compartimientos, de modo que la altura y la forma de las cámaras se puedan modificar cuando sea necesario.

Un amplio edificio bien aislado, sin ventanas, pero con una buena protección exterior de las puertas, podría ofrecer una base útil para desarrollar la investigación en ambientes controlados, pues los locales de vegetación, de tamaños adecuados, se irían construyendo por unidades, bien interiores o exteriores, según las exigencias del trabajo y la economía del control dicte.

Una de las limitaciones de las investigaciones sobre los efectos del medio ambiente es que ninguna de las fuentes de luz disponibles en la actualidad producen intensidades que se aproximen a las de los días de verano, el uso de filtros de agua o de vidrio reducen la incidencia de luz sobre la planta y cuando se necesitan intensidades de luz mas elevadas

puede ser aconsejable usar alumbrado interno, a pesar del incremento de carga en el sistema de enfriamiento. El menor número de lámparas requerido para producir una determinada intensidad de luz dentro de la cámara de vegetación afectaría las ventajas económicas del alumbrado exterior.

Referente a la temperatura, tres aspectos son a considerarse: que temperatura se desea, como regularla y como medirla. La regulación de la temperatura es relativamente fácil, ya que el equipo normalizado de calefacción y enfriamiento proporciona un medio fácil de control dentro de límites aceptables y con costo razonable. Se ha acordado que la temperatura del aire debe ser siempre medida por un elemento tamizado y aspirado, pero ha habido menos acuerdo sobre la relación entre la temperatura del aire y la del interior del tejido de la planta. El profesor E. C. Wassink ha indicado que la temperatura del tejido depende de la cantidad de energía incidente y de la proporción de transpiración.

Se producen grandes desniveles de energía incidente con la distancia de las lámparas, pero en su investigación, cuando la transpiración era normal, las diferencias en las temperaturas del tejido de la hoja a varios niveles bajo la luz fueron solo del orden de 1°C.

Las temperaturas en las condiciones más controladas no son desde luego constantes, pero varían entre ciertos límites. El profesor Wassink indicó que es probable que las plantas no se afecten por variaciones de temperaturas menores en periodos cortos de tiempo, el doctor J. V. Lake indicó, con referencia a la variación de periodo corto de la temperatura del aire con el tiempo, que la bibliografía a menudo hace constar que lo mejor es un control de temperatura a  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , o límites similares, de una media deseada. Los mismos comentarios sirven, para el control de la humedad relativa, pues la importancia de la variación en escala pequeña o periodo corto es aun virtualmente desconocida.

METODO DE CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE (10)

El metodo de control que vamos a usar como base de discusión se muestra esquemáticamente a continuación: los factores controlados son la iluminación artificial, temperatura y humedad del aire, ya que la concentración de anhídrido carbónico se mantiene a nivel normal por ventilación de el aire interior del módulo, con el aire exterior. La conducción que indica el esquema, en muchos casos es posible, y para hacer algun arreglo será preferible en el interior del módulo en lugar del exterior.

Asi, el aire circula por medio de un ventilador a traves de una unidad de enfriamiento y despues a traves de una de calefacción, antes de ser enviado al módulo.

La función de la unidad de enfriamiento consiste en extraer el calor y la humedad que ha tomado el aire durante su paso por el local; el aire que sale del refrigerador está saturado y a una temperatura tal que el aire en el local tiene el punto de rocío requerido. El aire saturado es entonces calentado para darle la temperatura requerida en el módulo. Las unidades de enfriamiento y de calefacción están conectadas a termostatos situados respectivamente en el aire que sale del enfriador y en el local. Este es sin embargo, solo uno, y no necesariamente el mejor ejemplo de los varios métodos de control posible para el medio ambiente del módulo.

Aquí se supone que la humedad del aire que sale de el módulo, debe ser siempre eliminada, pero ello puede ser no siempre asi. Por ejemplo, cuando se requiere en el local humedad y temperatura elevada y el aire del exterior es frío y relativamente seco, se puede perder mas humedad por la ventilación que la que se gana por la evaporación o transpiración en el módulo, en estas circunstancias, el aire mas frío quitaría el calor ganado por el aire al pasar por el local, pero el aire que sale del enfriador no estaría saturado y la humedad ele

vada requerida en el local no se mantendría aun con el calentador cerrado. Como resultado, la humedad relativa en el local disminuiría hasta que la transpiración fuese igual a la pérdida de humedad por la ventilación. Esto puede remediarse humedeciendo el aire artificialmente y en cualquier punto del circuito. Existen sin embargo, circunstancias en que la adición de humedad puede ser necesaria, puede requerirse cuando el aire gana una gran cantidad de calor, pero poca humedad al pasar por el local. El aire que sale del refrigerador se satura y al no funcionar el calentador y no existir un humidificador, el aumento de temperatura en el local tenderá a reducir la humedad por debajo del valor requerido. Así sería necesario usar un humidificador y en éste caso tendría que ser dentro del local.

En el esquema, el aire de ventilación entra al interior por el lado de presión baja del ventilador y una cantidad igual de aire es eliminada en el lado de presión elevada. Al colocar la válvula de control sobre el lado de salida, todas las partes del sistema se mantienen a presión atmosférica y todos los escapes tienen lugar hacia el exterior. El aire solo penetra a través del tubo de entrada y aquí puede ser filtrado o tratado si se desea. La cantidad de anhídrido requerida para mantener el nivel de anhídrido carbónico no es grande, incluso en una cámara bien alumbrada y llena de plantas, es aconsejable restringir la proporción de ventilación con el fin de evitar aumentos excesivos en las necesidades de calefacción o de enfriamiento y así una proporción de ventilación de dos cambios de aire (dos veces el volumen de la cámara) por día debe ser suficiente para los objetivos. Sin embargo puede ser aconsejable aumentar la proporción, ya que es una simple consecuencia en la práctica reducir la proporción al valor mas pequeño que resulta en una concentración satisfactoria de anhídrido carbónico. Por otra parte, en algunos

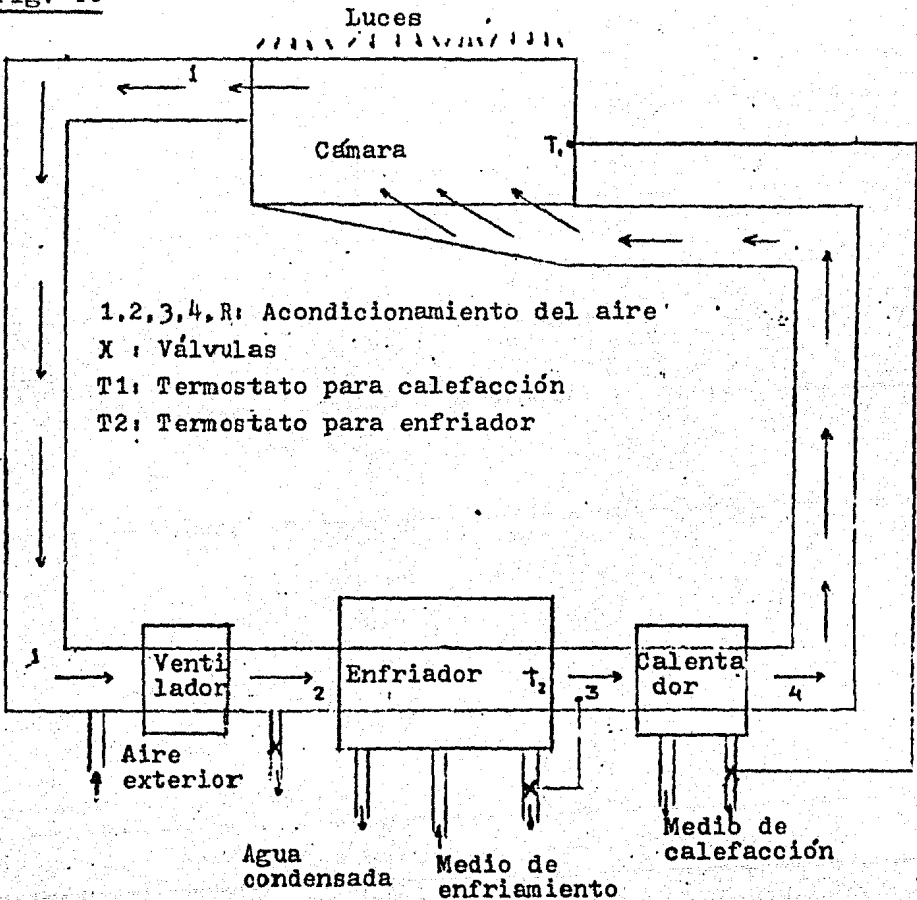


casos puede no requerirse hacer provisión alguna para la ventilación, bastando con la infiltración de cambio, en el otro extremo el sistema puede sellarse y los niveles de anhídrido carbónico mantenerse por absorción o adición artificial.

La posición del ventilador, es un asunto de conveniencia.

Diagrama que muestra el control del medio ambiente en un módulo:

Fig. 10



## FACTORES QUE AFECTAN EL COSTO (10)

El costo de un local de vegetación puede considerarse bajo los siguientes puntos:

- 1) Estructura, consistente en las paredes, suelo, techo y aislamiento termal.
- 2) Conducción, interna y externa.
- 3) Ventilador de circulación del aire.
- 4) Equipo de enfriamiento.
- 5) Equipo de calefacción.
- 6) Humidificador, si se requiere.
- 7) Controles, alambrado, etc.
- 8) Iluminación artificial.

De estos el equipo de calefacción y enfriamiento y el de iluminación artificial son los de mayor importancia, y por ello los consideraremos con alguna extensión.

El módulo completo y su equipo deben ser trazados mas como una pieza aparte, que como una parte de un edificio. Debe ser facil de desmontar, modificar y levantar en otro lugar sin necesidad de consultar al especialista. De esta forma el coste inicial puede reducirse y cualquier falta que llegue a ser aparente puede remediarse sin un gasto grande. Las paredes, conducción y aislamiento pueden hacerse de materiales corrientes, para proporcionar una estructura que sea barata, efectiva y la monte un hombre hábil facilmente.

Con miras a las paredes, donde la humedad y la temperatura extremas requieran precauciones, hay que evitar la condensación de la humedad en el aislamiento, preferiblemente la temperatura elevada y la gran humedad de la pared debe ser protegida contra el peso del vapor de agua y el aislamiento debe ser tal que no deteriore o pierda sus propiedades, si se presenta condensación.

El tamaño del ventilador y la proporción de la circulación del aire deben ser suficientes para producir la uni\_

formidad requerida de temperatura y humedad dentro del volumen del local. A medida que el aire pasa por la cámara su temperatura y humedad cambian, así, es posible una diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de más de 5°C. Para un tipo dado de corriente de aire la variación de temperatura dentro del espacio ocupado por las plantas guarda una relación constante con esta diferencia de temperatura, pero se sabe poco sobre la uniformidad que se logra realmente con una diferencia de temperatura dada. La uniformidad dependerá del grado de turbulencia o de la mezcla de aire que se produce dentro del módulo; si hubiera mezcla completa, el aire que sale de la cámara sería parte de la mezcla uniforme, mientras que el aire que entra tendría un contenido de humedad y temperatura diferentes. En este caso las condiciones del aire en la cámara serían uniformes e iguales a las del conducto de salida. Sin embargo, si el aire pasa por la cámara en forma aerodinámica, sin mezcla, probablemente habría más variación dentro de la cámara y las condiciones del medio serían más próximas a las condiciones medias de entrada y de salida, no solo la proporción de circulación de aire decide el tamaño de el conducto y del ventilador, sino que también influye sobre el tamaño de las unidades de enfriamiento y calefacción. Es, por lo tanto importante no rebasar la proporción requerida para dar la precisión de control deseado. El humidificador no necesita ser caro, y puede consistir en un surtidor de vapor, donde se disponga de vapor, o una cacerola destapada de agua calentada eléctricamente.

Los diversos controles de calefacción, enfriamiento y humidificación pueden ser costosos, ello depende en parte del grado de control que se exija. A veces se olvida que un control gobierna las condiciones en el lugar justo y no en cualquier otro sitio de la cámara, así, un control de temperatura limitará la variación en el termostato, y el costo del control depende de el alcance que se da a la variación. Para

muchos propósitos, se puede permitir un alcance amplio con tal que la temperatura media se mantenga con precisión. Por desgracia, la temperatura media no está necesariamente en el punto medio del alcance, pero puede moverse dentro del alcance medio a medida que las cargas de calefacción y enfriamiento varían, y esto debe recordarse cuando se especifica la precisión del control. Hay muchos tipos de control y se requiere experiencia para la correcta elección del tipo preciso. El costo de los controles no depende normalmente de las cantidades de calor necesarias.

MAGNITUD DE LAS CARGAS DE ENFRIAMIENTO  
Y CALEFACCION (10)

La parte más costosa en la construcción de un local de vegetación es probablemente el equipo refrigerador, y, dado que su costo depende en gran parte de la proporción de extracción de calor requerido, debe considerarse el cálculo de la carga de enfriamiento y analizar los factores que la afectan. Al mismo tiempo, es conveniente considerar también la carga de calefacción.

Estas cargas se han calculado en términos generales por Morris en 1956-1957, y están dadas en las siguientes ecuaciones:

$$Q_H = w(h_1 - h_1) + M(B - 2Cl_1 + CM/w) - H$$

$$Q_C = w(h_1 - h_1) + M(B - 2Cl_1 + CM/w) + M + v(h_0 + l_0 - h_1 - l_1)$$

donde:

$h$  = contenido sensible de calor del aire a una temperatura establecida, caloría británica/ libras de aire seco.

$l$  = contenido de calor latente, caloría británica/ libras de aire seco. El subíndice 0 se refiere a las condiciones exteriores del local. El subíndice 1 se refiere a las condiciones dentro del local.

$\bar{h}$  = calor sensible remanente despues que el aire ha sido enfriado a su punto de rocío.

$H$  = proporción de calor sensible tomado por el aire al pasar por la cámara, caloría británica/hora.

$M$  = proporción de calor latente tomado por el aire al pasar por la cámara, caloría británica/hora.

$Q_H$  = proporción de calor dado por el calentador, caloría británica/hora.

$Q_C$  = proporción de extracción de calor por el refrigerador, caloría británica/hora.

$v$  = proporción de ventilación al aire exterior, libras por hora.

$w$  = proporción de circulación por la cámara, libras por hora.

Como se ve,  $Q_H$  y  $Q_C$  constan cada una de varios componentes y al examinar ésto es posible descubrir los efectos sobre las cargas de enfriamiento y calefacción de las variaciones en los diversos factores que ejercen influencia. Asi es posible decidir el tamaño necesario de las unidades de enfriamiento y de calefacción para satisfacer condiciones exigidas. También existe la posibilidad de disminuir el costo de capital reduciendo las necesidades del medio ambiente en regiones que tienden a ampliar las cargas de calefacción y enfriamiento. Comparando las ecuaciones de  $Q_H$  y  $Q_C$ , los dos primeros términos, comunes para ambos, representan un continuo traslado de calor desde el calefactor al refrigerador debido al enfriamiento y recalentamiento del aire. Este es un resultado no productivo del método de extraer humedad por enfriamiento. En primer término es la cantidad de calor requerido para enfriar el aire a su paso y punto de rocío y se produce aún, cuando no se haya extraído ninguna humedad. El segundo término es debido a la extracción de la humedad y resulta del enfriamiento posterior necesario para compensar el aumento en el punto de rocío que tie

ne lugar en la cámara como resultado de la transpiración. El tercer término en  $Q_C$  representa la función util de quitar la humedad del aire por condensación sobre la unidad de enfriamiento.

Es conveniente anotar el alcance probable de los valores numéricos de la expresión  $(B-2Cl_1+CM/w)$ , en un caso práctico, el término  $CM/w$  suele ser lo bastante pequeño para despreciarlo. El segundo término es una función del punto de rocío del aire que sale de la cámara y como resultado la expresión completa depende solo del valor del punto de rocío. Para los límites de 2 a  $15.5^\circ\text{C}$  la expresión varía linealmente desde 1.11 a 0.42. El tercer término en  $Q_H$  muestra el efecto directo sobre la carga de calefacción de una ganancia o pérdida de calor sensible por el aire a medida que pasa por la cámara. Cuando  $H$  es negativo, el término representa la función del calentador al remplazar las pérdidas de calor. El término final en la ecuación  $Q_C$  muestra que el calor total, latente y sensible, gana o pierde debido a que la ventilación tiene un efecto sobre la carga de enfriamiento. Es proporcional a la relación de ventilación y a la diferencia en el calor total del aire que entra y sale del sistema.

Parece sorprendente que la carga de enfriamiento no dependa de la cantidad de calor sensible,  $H$ , introducido por el aire durante su paso por la cámara. De nuevo es éste el resultado del método de extracción de humedad. En efecto el combinar las ecuaciones de  $Q_H$  y  $Q_C$  como sigue, es aparente que  $Q_C$  es la suma de tres cantidades, la carga de calefacción el calor total introducido por el aire en la cámara y el calor introducido por la ventilación.

$A, B, C$  son constantes en la ecuación  $h = A + Bt - Ct^2$ .

$$Q_C = Q_H + (H+M) + v(h_0 + l_0 - h_1 - l_1).$$

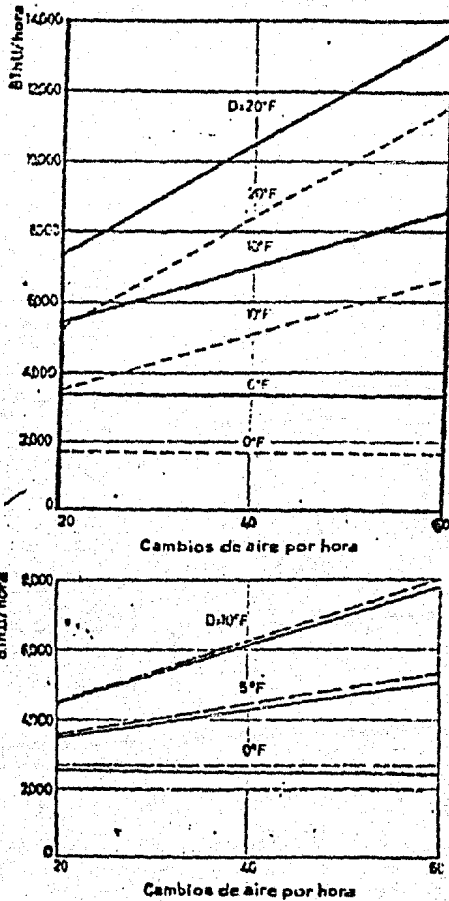
Esto indica uno de los métodos alternativos de control. La unidad enfriadora, responsable del calor extraído es regida por un termostato en la cámara, y la unidad de ca

lefacción, que reduce la humedad desde la saturación al valor requerido, es controlada por un humidistato. Así, el aumento de la temperatura de aire aumenta la proporción de enfriamiento y el aumento de la humedad relativa aumenta la proporción de calefacción.

De las ecuaciones  $Q_H$  y  $Q_C$  se deducen las condiciones que tienden a elevar los valores de cargas de calefacción y de enfriamiento. En general, puede decirse que las grandes cargas de calefacción resultan de: 1.- La proporción elevada de la circulación del aire combinado con una gran depresión del punto de rocío en la cámara; 2.- Pérdida grande de calor a través de las paredes, suelo y techo, y 3.- Gran proporción de transpiración. Las primeras dos condiciones tienden a ser mas importantes que las terceras.

Del mismo modo, las cargas de enfriamiento resultan de: 1.- La proporción de gran circulación de aire combinado con una fuerte depresión de punto de rocío en la cámara 2.- Proporción grande de transpiración, y 3.- Grandes ganancias de calor del aire de ventilación. De nuevo los dos primeros detalles son mas importantes.

La figura que a continuación se muestra ilustra los efectos sobre  $Q_H$  (arriba) y  $Q_C$  (abajo) de la proporción de circulación y depresión del punto de rocío  $D$  en un ejemplo particular. Las líneas completas, obtenidas de las ecuaciones anteriores, son para condiciones turbulentas, cuando la mezcla del aire dentro de la cámara es virtualmente completa, mientras que las líneas punteadas representan el orden extremo, cuando no hay mezcla. La carga de calefacción es considerablemente reducida en el último caso, pero solo a expensas de condiciones menos uniformes dentro de la cámara.



**Fig. 11** → Esquema de la proporción de circulación del aire y depresión del punto de rocío (D) sobre la proporción de calor introducido por el calefactor (arriba) y proporción de la extracción del calor por el refrigerador (abajo).

Líneas completas ————— condiciones turbulentas, mezcla completa.

Líneas punteadas - - - - - corriente aerodinámica, sin mezcla.



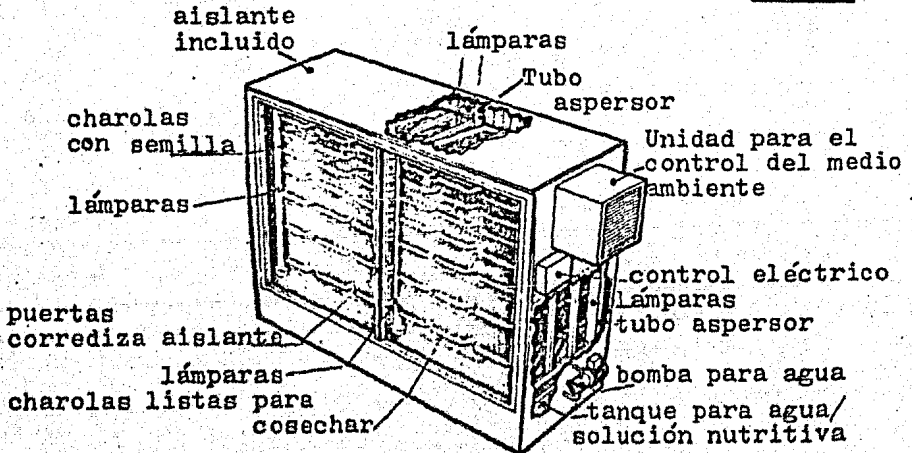
## V-EQUIPO Y MATERIALES.

DISEÑO DEL MODULO. (10, 11)

La naturaleza general de la investigación a realizarse en el ambiente controlado, requiere de una producción de plantas uniformes con un crecimiento y desarrollo natural - acelerado, por lo que el módulo es definido como un local de vegetación acelerada con alumbrado interno.

Basandonos en lo ya descritos datos necesarios para la elaboración del trazado de un módulo, se inicia así el diseño del módulo experimental, con las siguientes características:

- Objetivo de la instalación: Poder contar con un espacio experimental con su medio ambiente controlado.
- Rango de ambientes necesarios: Temperatura  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  a  $+30^{\circ}\text{C}$ , Humedad relativa 70 a 80 por ciento, Luz artificial de 18 a 24 horas/día y aereación en el interior del módulo una vez en forma total cada 24 horas.
- Hábito general de las plantas a cultivar: Hábito de crecimiento erecto, tamaño de desarrollo parte aérea de 18 a 20 cm. como rango mínimo y con un tiempo a cosecha de 8 días. aprox.
- Numero de niveles con plantas que se colocarán en el espacio experimental controlado = cinco niveles de 25 cm. de alto.
- Cálculo del espacio experimental, con acceso a las plantas desde el exterior y con la idea propia del diseño: Fig. 12



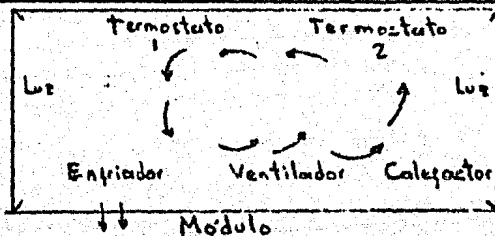
-Alcance máximo de la variación requerida: Temperatura  $+30^{\circ}\text{C}$   
 Humedad relativa 80%, Luz artificial 24 hras/día y Aireación constante hasta cubrir dos veces el volumen total.

-Grado de variabilidad que puede ser tolerado: Temperatura  $+ - 2^{\circ}\text{C}$ , Humedad relativa  $+ - 10\%$ , Luz artificial  $+ - 3$  hras. y Aireación  $+ - 1$  vez el volumen total.

-El alcance necesario de las condiciones para cada medio ambiente NO pueden conseguirse con mayor facilidad al aire libre, NO pueden conseguirse en cámaras opacas, y PARCIALMENTE en un invernadero.

-Metodo de control para cada factor del medio ambiente en el espacio experimental: El aire es introducido a el módulo por medio de un ventilador y circula a través de una unidad de calefacción, conectando esta última a un termostato el cual es graduado a la temperatura mínima permitida para el medio ambiente experimental, un segundo termostato graduado a la temperatura máxima permitida se encuentra directamente conectado a un extractor; para apoyar el control total de la temperatura experimental se coloca un termómetro en el interior del módulo y se toma la lectura cada dos horas con la que se logra un control gráfico. La humedad del aire tiene un control manual a través del sistema de asperción y por la rutina de operación del mismo, un hidrómetro ambiental se coloca en el interior de la cámara con el que obtendremos lecturas directas cada dos horas, al igual que con la temperatura. La luz artificial se mantiene siempre encendida y el nivel de intensidad se mide al inicio y al final del ciclo de cultivo con una fotocelda. La Aireación se controla manualmente activando el extractor y se procura dar cuando el aire externo tiene una temperatura similar al aire interno del módulo.

Fig. 13- Muestra esquemática para el método de control:



Materiales empleados en la construcción del módulo.  
(10,11)

Los muros: son de poliestireno expandido calidad N, se empleó un bloque de 310cm. X 125cm. X 64cm. el cual se corto en hojas de 310cm. X 125cm. X 10cm., de estas hojas se cortaron los muros, piso, techo y puertas segun las medidas preestablecidas en los planos para construcción.

La repisa; es de varillas en angulo de plastico rigido de 1' X  $\frac{1}{2}$ ' X 300cm., se emplearon nueve varillas para construir la repisa de 125cm. X 8 cm. X 50cm. con cinco niveles como se mostró en los planos para construcción.

El escurridor; es una lámina de fibra de vidrio de 76cm. X 46cm. con un canal de 4cm. para desagüe, como se mostró en los planos para construcción.

Una tina de escurrimiento de ocho litros de capacidad

Las charolas experimentales son de poliestireno expandido, de 27cm. X 14cm. X 2.5cm, con perforaciones para dren.

El pegamento empleado para pegar los muros, piso, techo y nivele en el escurridor fue el UHU POR de Pyre Tor que es un pegamento especial para poliestireno expandido y contiene aproximadamente 50ml. por tubo, empleando cuatro tubos.

Los tornillos para armar la repisa son de cuerda estandar, 2cm. de largo 0.6cm. de diametro; con turca.

Pra conectar el equipo eléctrico se empleó cable eléctrico calibre 12, un interruptor de 20 Ampers y cinta de aislar convencional.

Equipo necesario para la operación del módulo. (11)

Un termómetro para medio ambiente en interiores marca Nikkei de 0 a 120°F.

Una fotocelda para luz artificial marca Melnor de 0 a 10 um.

Un hidrómetro para medio ambiente en interiores marca Nikkei de 0 a 100 % de Hr.

Un pulverizador de presión previa Floraly F 13, marca Berthoud, con capacidad del líquido de 8 litros, una boquilla variable y una alargadera de pistola.

Un calefactor eléctrico marca RTC mod. 4000 con termostato graduable.

Un ventilador eléctrico fase dos mod. 16-2 una sola velocidad.

Un extractor de aire fase dos mod. 16-t una sola velocidad.

Un termostato con control graduable de 0 a 50°C marca Termi-Méx. mod. C 121.

Dos lámparas eléctricas con balastros individuales, cada una con dos tubos fluorescentes tipo L 40 W/.. de 1200 mm de longitud 38 mm de diámetro, duración útil 7500 h.

Un tablero con cuatro apagadores sencillos.

#### Equipo necesario para la construcción del módulo.

Cortador eléctrico para poliestireno.

Un taladro casero.

Un arco con segueta.

Un desarmador.

Una llave española.

Una broca.

#### Construcción del módulo.

El módulo es construido armando los muros, techo, piso, aplicando pegamento en los cantos de unión de cada pieza como se muestra en los planos para construcción.

La repisa se arma después de cortar todas las piezas y hacerles la perforación para los tornillos, según se mues\_

tra en los planos para construcción.

A la lámina de fibra de vidrio se le fija con tornillos un canal de lámina galvanizada, el escurridor así formado se coloca a desnivel en los últimos 20 cm. de la repisa

El equipo eléctrico: las lámparas, el ventilador, el extractor y el calefactor se colocan conforme lo indica el plano de construcción, las conexiones eléctricas se efectúan por el exterior del módulo al tablero de apagadores y de éste al interruptor de seguridad. (13).

Las puertas del módulo, son medidas y ajustadas para que embonen al ras de muros, piso y techo.

Se colocan las charolas experimentales en todos los niveles de la repisa. Terminando así la construcción del módulo.

#### Instalación del módulo.

El módulo se instaló en el interior de un sótano limpio, obscurecido y protegido de corrientes de aire.

Se tendió una línea eléctrica hasta el interior del sótano y se colocó iluminación artificial.

#### Protección del módulo.

Para evitar contaminación microbiológica se limpió pisos, muros y techos del sótano y módulo con una solución de Rocal al 10%, posteriormente se pintó muros y techo del sótano con pintura blanca de aceite. (22).

Se restringe el paso al sótano a personas que no calzen botas de hule; en la entrada del sótano se colocó una tina de plástico con solución de Rocal al 10% para que al acceso al sótano se desinfecte el calzado.

Para proteger el equipo eléctrico; se desconecta al

aplicar la solución nutritiva, si se moja deberá tenerse especial atención de secar perfectamente, antes de conectar nuevamente.

La manipulación en el interior del módulo debe realizarse con precaución dado que el equipo es muy delicado.

#### Mantenimiento del módulo.

El mantenimiento estará dado básicamente por la reposición de charolas experimentales y lámparas al tener que desecharse, o por la reparación inmediata a posibles descomposuras del demás equipo.

Como parte del mantenimiento podemos considerar la continua desinfección del interior del módulo y el lugar de instalación.

Sobre el pulverizador: Después de cada utilización, enjuagar cuidadosamente el pulverizador y hacerlo funcionar 1 a 2 minutos con agua limpia. Desconectar la empuñadura de pistola y limpiar el filtro. No utilizar ni enjuagar con agua caliente. Evitar dejar el pulverizador con presión.

#### Seguridad de operación del módulo.

Básicamente consiste en interrumpir la energía eléctrica antes de manipular en el interior del módulo debido al nivel de humedad que se maneja.

Evitar el contacto de la solución nutritiva con la piel.

#### Prueba del equipo instalado en el módulo.

a) Conectando el calefactor y el ventilador, se calentó el aire del medio ambiente interno del módulo hasta una -

temperatura de 30°C, se apagó automáticamente el calefactor y el ventilador al ajustar el termostato de éste equipo.

El comportamiento de la temperatura al transcurrir el tiempo fue el siguiente:

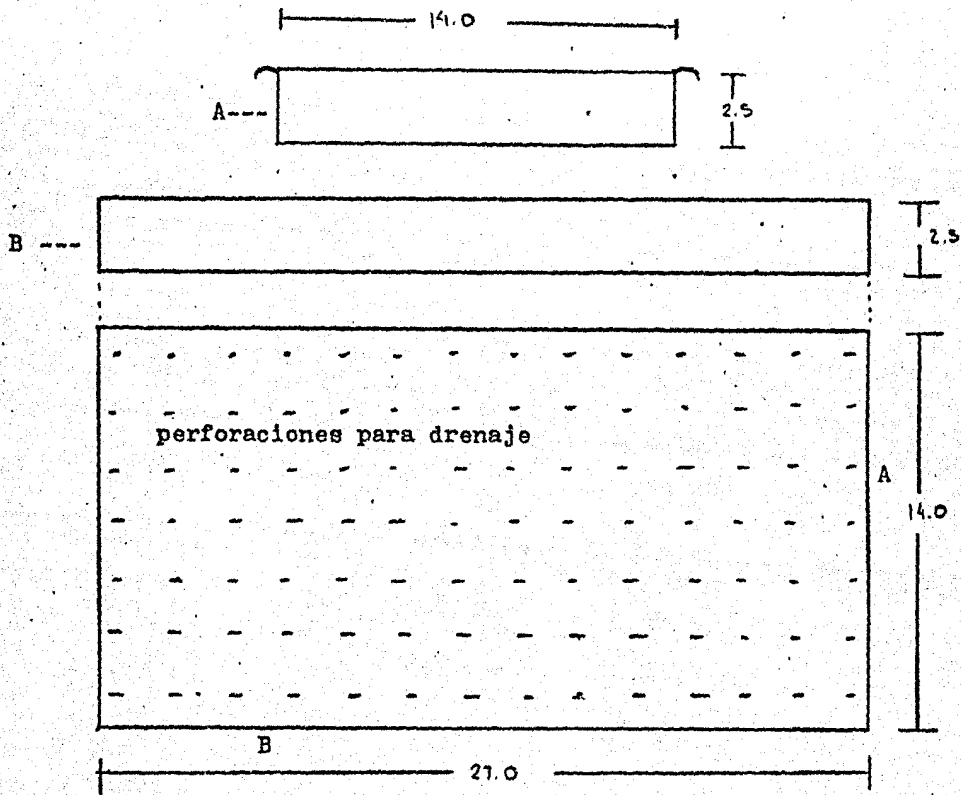
hora	8 am	10 am	15 pm	20 pm	6 am	11 am.
temperatura:	30°C	30°C	31°C	30°C	29°C	30°C .

Con la temperatura del medio ambiente interno del módulo a 30°C y el termostato del calefactor y ventilador ajustado a esa temperatura, se conectó el extractor y la temperatura bajó a 26°C en 15 segundos en ese momento se conectó automáticamente el calefactor y el ventilador, se desconectó manualmente el extractor y la temperatura inicial se recuperó, en ese momento se desconectó automáticamente el calefactor y ventilador.

Se ajustó el termostato del extractor a una temperatura máxima permitida de 32°C, se conectó manualmente el calefactor y el ventilador para aumentar la temperatura del medio ambiente interno a + de 32°C. Al alcanzar una temperatura de 33°C se conectó automáticamente el extractor enfriando en 10 segundos el medio ambiente interno a una temperatura de 29°C, en ese momento se desconectó automáticamente el extractor. Se desconectó manualmente todo el equipo.

Asperjando con la pulverizadora de presión previa agua sobre las charolas experimentales, se alcanza la humedad relativa de 80% a 30°C en 20 minutos, la cual se mantiene por mas de seis horas, el control es manual. (14).

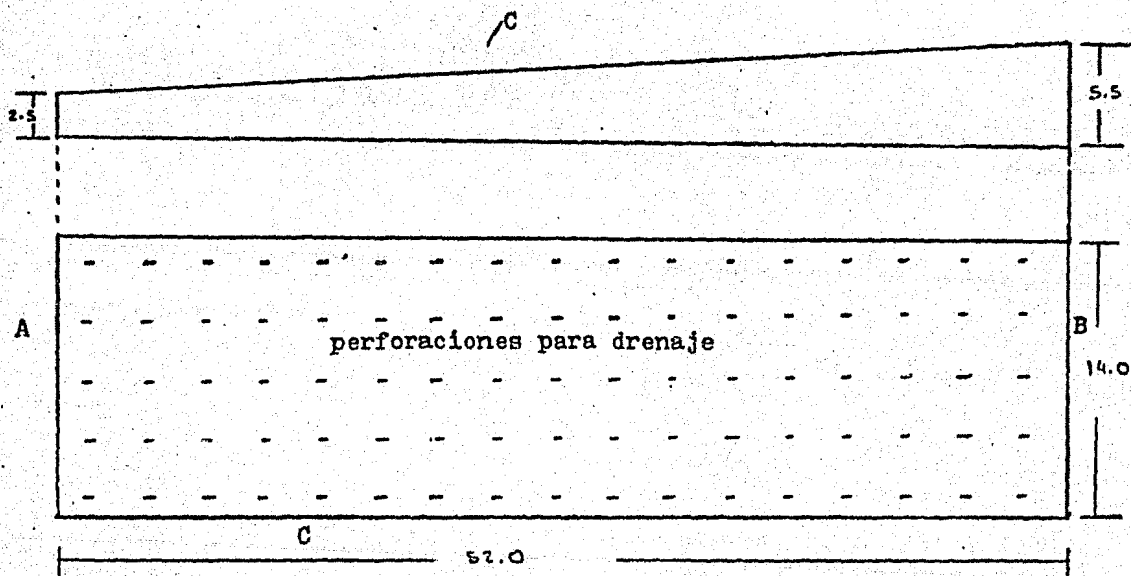
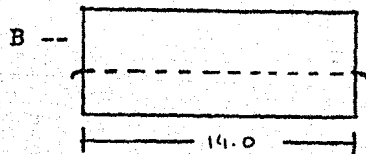
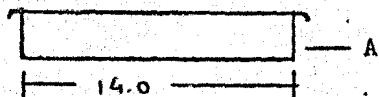
Para probar la intensidad de la iluminación artificial con la fotocelda, se conectaron las lámparas se oscureció el sótano y se tomó la lectura al centro y extremos del espacio experimental a lo largo y ancho del interior del módulo y en los cinco niveles resultando: ocho.cero. (11).



ESQUEMA DE LA CHAROLA EXPERIMENTAL

proyecto AG.  
acotación en cm.

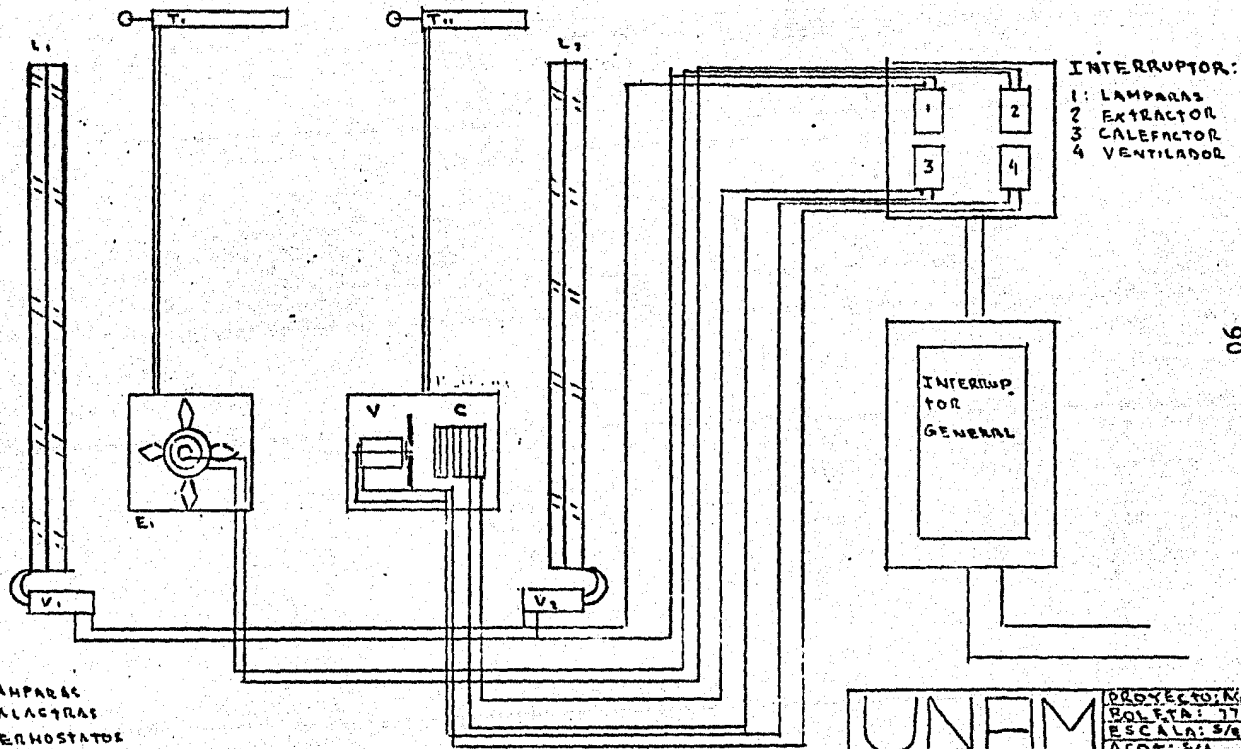




ESQUEMA DE LA CHAROLA EXPERIMENTAL MODIFICADA

proyecto AG.  
acotación cm.

PLANO PARA EL SISTEMA ELECTRICO DEL MODULO



INTERRUPTOR:  
 1: LAMPARAS  
 2: EXTRACTOR  
 3: CALEFACTOR  
 4: VENTILADOR

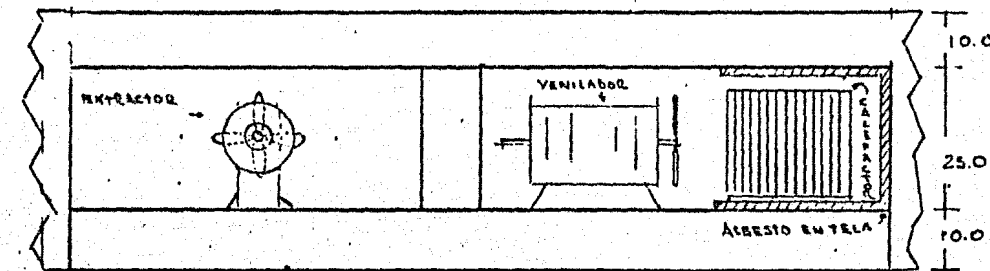
L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> : LAMPARAS  
 V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub> : VALVULAS  
 T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> : TERMOSTATOS  
 E : EXTRACTOR  
 V : VENTILADOR  
 C : CALEFACTOR

INTERRUPTOR GENERAL

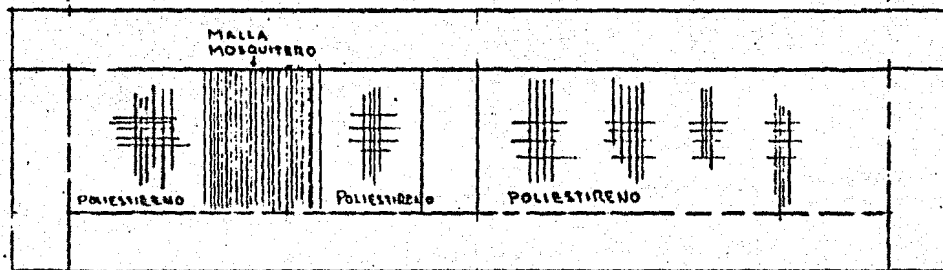
<b>UNAM</b>	PROYECTO N.º
	BOLETA: 77
SISTEMA ELECTRICO	ESCALA: 3/8
TESIS PROFESIONAL	ACOT: 3/4
	REVISOR: JLR
	PLANO N.º 4

# PLANO DE MONTAJE PARA EL EQUIPO DE CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

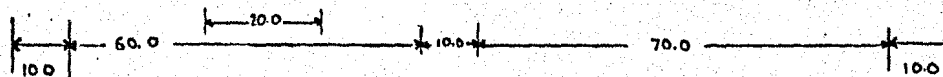
DETALLE "A" DEL PLANO N° 3



EN EL INTERIOR DEL MÓDULO

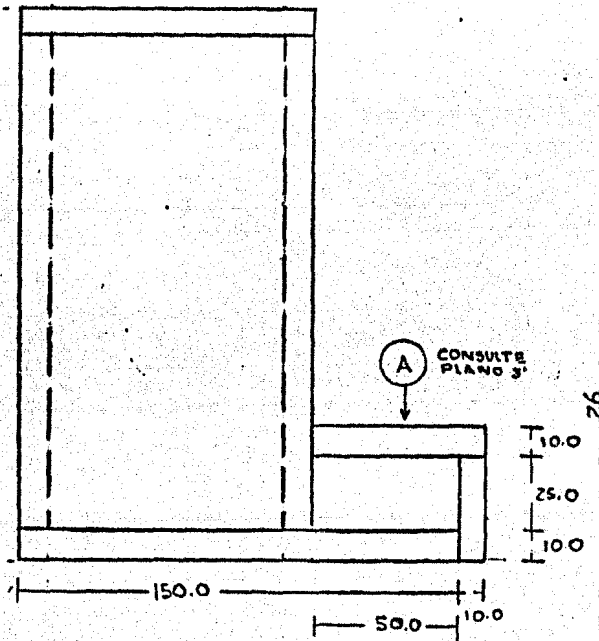
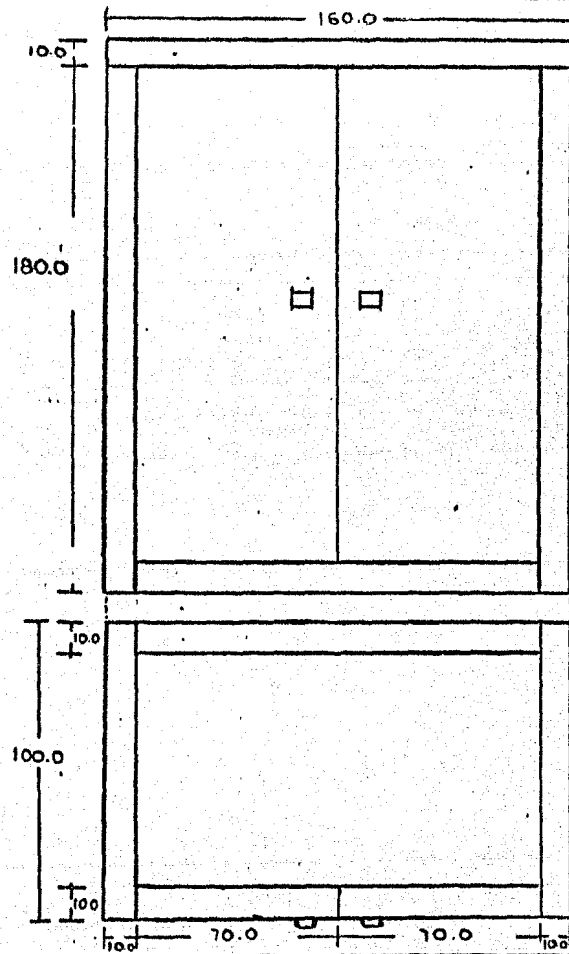


EN EL EXTERIOR DEL MÓDULO



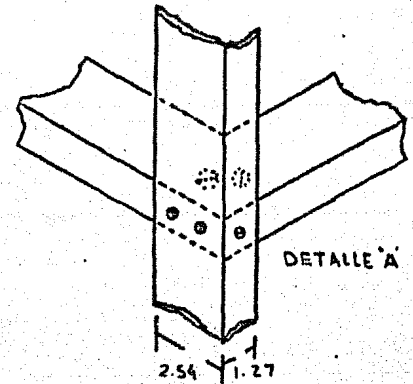
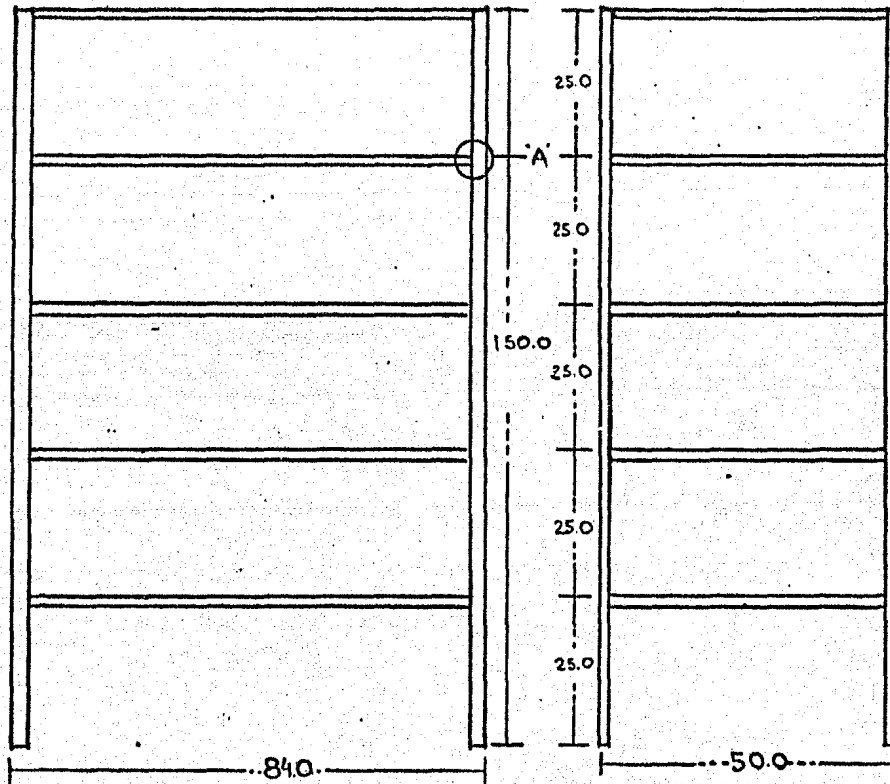
<b>UNAM</b>	PROYECTO: AG
	BOLETA: 77
	ESCALA: 1:10
	PLANO DE CONSTRUCCION ACOT: cm
	DEL MÓDULO EQUIPO MEDIO AMB: REVISO: J.L.R.
TESIS PROFESIONAL	PLANO 3'

PLANO PARA LA CONSTRUCCION DEL MODULO



<h1>UNAM</h1>	PROYECTO. AG
	BOLETA. 77
	ESCALA: 1:20
	ACOTACION. CM
PLANO DE CONSTRUCCION DEL MODULO	REVISOR JLR
TESIS PROFESIONAL	PLANO N° 3

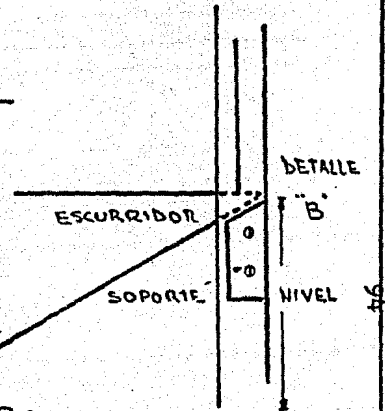
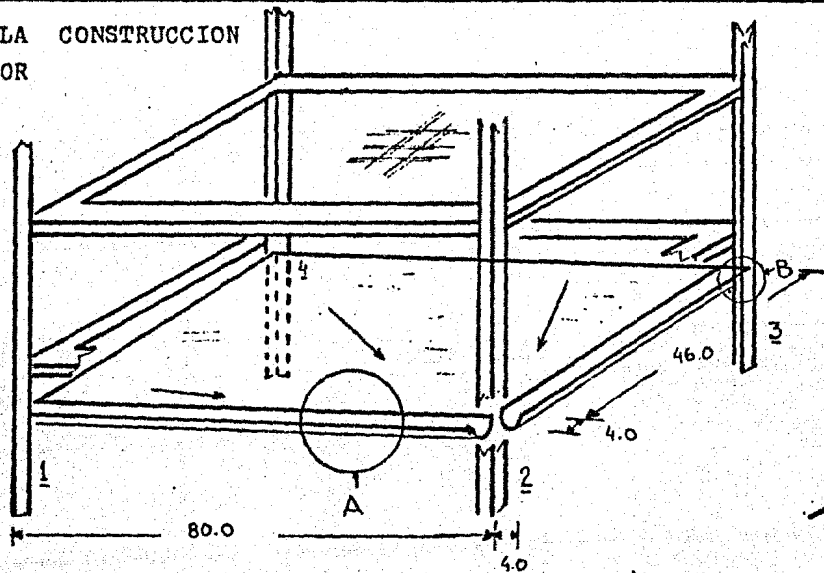
PLANO PARA LA CONSTRUCCION DE LA REPISA



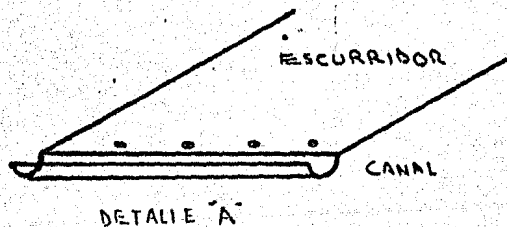
93

<b>UNAM</b>	PROYECTO: 26
	BOLETA: 77
PLANO DE CONSTRUCCION	ESCALA: 1:10
PARA LA CONSTRUCCION DE LA REPISA	ACOT. CM
TESIS PROFESIONAL	REVISOR: JLR
	PLANON: I

PLANO PARA LA CONSTRUCCION  
DEL ESCURRIDOR



- NIVEL: 1 : 20.0 cm  
 2 : 17.0 cm  
 3 : 17.0 cm  
 4 : 22.0 cm



UNAM	PROYECTO: AG
	SOLETA: 77
PLANO DE CONSTRUCCION DEL ESCURRIDOR	ESCALA: 1:10
	UNIDAD: cm
TESIS-PROFESIONAL	REVISOR: JLR
	PLANO 2

VI-CULTIVOS.GENERALIDADES DE LAS GRAMINEAS (15)

Las gramíneas constituyen una gran familia, de amplia distribución mundial, con unos 500 géneros y 5000 especies. Tanto la estructura vegetal, floral y vegetativa se hallan altamente especializadas y los miembros de ésta familia se les puede reconocer con suma facilidad; con excepción de los bambúes, los cuales tienen tallos leñosos, todas las restantes formas son herbáceas. La mayoría muestran el especial hábitat de desarrollo propio de todas las gramíneas, que realizan su desarrollo vegetativo con un reducido alargamiento de los tallos, de manera que en éste estado casi toda la mayor parte aérea de la planta consta de la hoja, el tallo y las yemas, que están situadas casi al nivel del terreno. Esta disposición determina el que sean plantas magníficas para el pasturaje, ya que los animales se alimentan de ellas, comiendo solo las hojas y permaneciendo las yemas y el tallo intactos. Las gramíneas forman el principal alimento de todos los animales que pasturan y he aquí la importancia principal que tienen en la agricultura en su relación con el ganado. Hay que agregar el hecho de que los cereales, que son gramíneas anuales con semillas grandes cultivadas por sus sustancias de reserva localizadas en el endospermo, son entre todas las plantas agrícolas cultivadas las más importantes. Es indiscutible que las Gramíneas son la familia más importante de las Fanerógamas, bajo el punto de vista agrícola.

Estructura Vegetativa (15)

Los vagos de las gramíneas, al igual que en otras plantas, constan de un tallo portador de hojas en los nudos. Su aspecto, sin embargo, puede ser muy diferente al que puede corresponder a un típico tallo foliáceo, debido al hecho de que la parte inferior de una hoja de las gramíneas forma una estructura tubular, la vaina foliar, la cual rodea y puede ocultar por completo al tallo. En la mayoría de las gramíneas co \_

rrientes, el tallo durante el estado vegetativo, es extremadamente corto y no es fácilmente observada la agrupación de las hojas. Una hoja aislada aparece en cada nudo; la ordenación foliar (filotaxia), pertenece al tipo dístico, es decir, que las hojas yacen en dos hileras opuestas. Cada hoja parte de un nudo y su vaina rodea el entrenudo superior. La base de cada vaina foliar se une al nudo, rodeando la circunferencia completa del tallo.

#### Estructura de la hoja (15)

Cada hoja parte como una proyección creciente alrededor del ápice del tallo; ésta proyección aumenta rápidamente en tamaño y llega a diferenciarse como una parte superior: limbo foliar y una porción inferior o vaina foliar, en hojas normales, tiene lugar un reducido desarrollo de la vaina, hasta que el limbo ha alcanzado una longitud considerable y entonces el desarrollo se verifica conjuntamente con la misma intensidad, tanto en las zonas de crecimiento de la base foliar, como en los de la base de la vaina. El desarrollo de la vaina foliar, se conduce a través del tubo formado por la vaina foliar de la hoja anterior y en ésta situación se pliega en dos, o se enrolla longitudinalmente. Si se pliega su contorno, como puede apreciarse en sección transversal será, más o menos en forma de un óvalo aplastado; si se enrolla, la citada sección será circular. La forma del tubo constituido por las vainas foliares se ajusta a la forma de los limbos foliares recientemente formados, de manera que las gramíneas que tienen hojas plegadas en los estados jóvenes, presentan vástagos vegetativos aplastados, mientras que todas aquellas que tienen las hojas enrolladas, presentan los citados vástagos cilíndricos.

Los vástagos florales en los cuales el tallo se ha alargado, son de contorno circular, tanto si el limbo foliar está plegado o enrollado.



Quando la primera hoja emerge de las vainas mas antiguas que la rodean, el limbo de la hoja reciente es erguido. A medida que madura, va adoptando una posición horizontal, formando un ángulo recto con la vaina. La unión del limbo y la vaina se halla siempre bien marcado y normalmente existe, en éste punto, una lámina mas o menos proyectada que se llama lígula. Esta es una hoja delgada, erguida de tejido no vascular, que es muy variable en longitud y en forma y que, con frecuencia, tiene un cierto valor en la identificación de las especies de gramíneas, cuando éstas se encuentran en estado vegetativo. En la mayoría de las gramíneas el limbo foliar se pone horizontal en cuanto madura y es, normalmente, mas ancho que la vaina. En su extremo inferior puede estrecharse abruptamente con la vaina, o sus esquinas mas inferiores, pueden extenderse como un par de proyecciones claviformes, que son las aurículas...

El limbo maduro de una hoja típica, es siempre largo en relación con su anchura y normalmente, mas largo que la vaina. Puede ser afilada o acuminada, con los bordes rectos y la anchura mayor en la base; paralela, con los márgenes rectos a excepción de la punta, en donde el limbo se estrecha bruscamente en una punta roma o mas ancha en la parte media y afilada en el ápice y en la base. En algunas gramíneas, las hojas son semejantes a cerdas, estando permanentemente plegadas, de forma que el limbo constituye una especie de cerda mas o menos maciza, corrientemente mas estrecha que la vaina.

La superficie superior de la hoja puede ser plana o estriada; la superficie inferior es normalmente lisa, pero puede presentar una quilla central. Tanto la vaina como el limbo pueden ser glabras o pelosas. El limbo foliar es, por lo común, de un verde mas oscuro que el exhibido por la vaina; la porción inferior de la vaina, que no se halla expuesta a la acción de la luz es con frecuencia blanca, pero puede mostrar otras coloraciones.

La primera hoja de una caña es, por lo comun, totalmente diferente de las últimas hojas; se caracteriza por tener una vaina biquillada sin limbo y que se le conoce como profila

#### Anatomía de la hoja (15)

La venación de las hojas de las gramíneas es paralela, es decir, que procedentes del nudo, penetran en la hoja un cierto número de haces vasculares, los cuales se distribuyen a lo largo de su longitud, sin ramificarse. Estas venas se encuentran rodeadas por un parénquima de células fuertemente apretadas que contienen clorofila, el mesófilo, que a su vez, se halla cubierto por la epidermis. Esta forma una piel continua sobre la hoja, cuyas únicas aberturas son las determinadas por la presencia de los estomas, que están integrados por unas células especializadas. Los estomas, a través de los cuales se realiza el intercambio masivo de los gases y el vapor de agua entre los espacios intercelulares y la atmósfera exterior, se presentan sobre ambas superficies del limbo foliar de muchas gramíneas. Cada nervio consta de un solo haz vascular, con un xilema y un floema, rodeado mediante una vaina formada por dos capas de células. En la mayor parte de las gramíneas, la capa externa se encuentra pobremente desarrollada, mientras que la interna es conspicua, con paredes lignificadas. La cantidad de parénquima presente tiene un efecto muy marcado sobre la aceptación de la hoja como alimento.

#### Anatomía del tallo (15)

La estructura del tallo es la que corresponde a una monocotiledonea típica, con haces conductores dispersos, que se hallan embebidos en un tejido fundamental de parénquima. Cada haz vascular consta de unos cordones relativamente pequeños de xilema y floema, rodeados por una vaina; nunca se encuentra un cambium. Sin embargo, en la mayoría de las gramíneas, los haces

vasculares se hallan desplazados a la parte extrema del tallo mientras que la parte central del tejido fundamental se desintegra, por lo que el tallo de una planta madura es totalmente hueco. Los haces que de ésta forma se hallan confinados a una región relativamente estrecha, aparecen menos dispersos que en el maíz y tienden a estar agrupados en dos anillos. Los haces del anillo interno son mas grandes; el tejido fundamental que rodea a los haces del anillo externo, llegan a tener sus paredes mas gruesas y lignificadas, de manera que éstos haces están empotrados en el tallo maduro, en el seno de un anillo de esclerenquima, éste anillo de esclerenquima tiene, espaciado a intervalos, alrededor del mismo, unas proyecciones que se extienden hacia la epidermis y que divide al colénquima, el cual forma el tejido externo fundamental, dispuesto en unas series de bandas verticales y estrechas. Los estomas se abren en los espacios intercelulares de éstas bandas, los cuales permanecen verdes y llevan la fotosíntesis hasta el final de la maduración del fruto y de la muerte del tallo.

## CICLO BIOLÓGICO (15)

### GERMINACION

La germinación es fundamentalmente el desarrollo de la raíz y de las regiones correspondientes a los brotes del embrión a expensas de las reservas alimenticias contenidas en el endospermo. Se puede tomar como un ejemplo el del trigo, en el cual, el grano es de gran tamaño y consta de un cariopsis desprovisto de las distintas partes de una espiguilla, por cuyo motivo se puede seguir facilmente el fenómeno de la germinación.

El grano absorbe, en primer lugar, el agua y las células del embrión, vivas, pero hasta éste momento es estado de letargo, comienzan a mostrar una intensa actividad. Las enzimas

presentes en la capa de la aleurona y en el scutellum, digieren e hidrolizan al almidón y proteínas que se hallan contenidas en las células del endospermo y los productos asimilables originados són inmediatamente absorbidos por las células alargadas de la epidermis del scutellum y de aquí se distribuyen a las otras partes del embrión. Recomienza el proceso de la división celular, e inicialmente hay un ligero incremento en el tamaño del coleoptilo y la coleorriza, que provoca la ruptura conjunta del pericarpio y la testa, que les recubría. La coleorriza solo se incrementa ligeramente en longitud, apareciendo la raíz primaria a través de la misma, la cual se alarga; aparecen igualmente, a través de sus vainas, un par inferior de raíces laterales continuadas normalmente por el par superior. Algo mas tarde, puede aparecer una quinta raíz lateral. Mientras tanto, el coleoptilo se alarga y su parte superior llega a sobrepasar la superficie del suelo, en forma de una estructura tubular, que rodea y encierra lo que resta del vástago. Se produce en éste desarrollo, a lo largo del tubo del coleoptilo, un incremento en longitud de la primera hoja foliar (la hoja siguiente situada a continuación del coleoptilo) y emerge a través de una hendidura situada en la cima. Se desarrollan hojas sucesivas a partir del ápice cónico del tallo, que es muy corto, para originar una estructura de brotes, similar a la que se há descrito para el ahijamiento vegetativo. Esto puede presentarse sin necesidad de un marcado alargamiento del tallo, pero si el grano ha sido sembrado algo profundamente, uno o dos de los entrenudos que están por encima del nudo correspondiente al coleoptilo, puede alargarse para formar el típico rizoma. Esto tiene por efecto inducir a lo que queda de la parte del tallo no alargado, a el ahijamiento por debajo de la superficie del suelo.

Mientras tanto la raíz primaria y las subsiguientes raíces laterales, sufren un considerable incremento de longitud, así como una fuerte ramificación, determinando la formación del

sistema radicular embrionario, el cual puede persistir durante toda la vida de la planta, pero que pronto es suplementado mediante raíces adventicias, que se desarrollan a expensas de los nudos superiores siendo ésto lo que constituye la principal masa del sistema radicular de la planta adulta.

### Ahijamiento

El ahijamiento da comienzo en el momento en que el vástago principal incrementa su tamaño y aumenta el número de hojas. El ahijamiento, como ha sido explicado, es simplemente el desarrollo de las yemas en las axilas de las hojas para formar brotes, cuyos entrenudos, permanecen muy cortos, al igual a aquellos del tallo de los que proceden. Se originan a su vez retoños o cañas secundarias en las axilas de las hojas de éstas cañas primarias, de forma que al poco tiempo, se ha desarrollado un conjunto de vástagos foliaceos. Como cada caña se alarga aparecen raíces adventicias en sus nudos mas inferiores, de forma que el tamaño del sistema radicular guarda una relación con el de las partes aereas. La cantidad actual o presente, en un momento dado del ahijamiento, depende en grado sumo de las condiciones del medio ambiente.

### Iniciación de la floración

Cada retoño o caña inicial tiene, durante el periodo de desarrollo vegetativo, un meristemo caulinar cónico, del cual continuamente se desarrollan nuevas hojas. Sin embargo, llega un momento en que el ápice caulinar cambia de ésta condición vegetativa y produce en su lugar una inflorescencia rudimentaria. Despues de éste cambio, cesan de producirse nuevas hojas por ésta caña y la última que se ha originado es la hoja llamada espadana. El paso de la condición vegetativa a la floral es inicialmente una respuesta al largo periodo del día.

### Alargamiento del tallo

Una vez que ha tenido lugar el cambio de la condición vegetativa a la floral es una caña determinada, su desarrollo posterior se caracteriza en un incremento del tamaño correspondiente a las estructuras ya existentes. Las hojas jóvenes ya iniciadas se van desarrollando sucesivamente hasta alcanzar su tamaño total y al mismo tiempo se produce un alargamiento de los entrenudos, desplazando a los nudos portadores de hojas más jóvenes a través del tubo formado por las vainas foliares más antiguas. En primer lugar se produce el alargamiento de los entrenudos más inferiores (la región actual de desarrollo se halla en la base de cada entrenudo); cada entrenudo comienza su desarrollo antes de que el de abajo haya cesado, de forma que normalmente se alargan al mismo tiempo dos o tres entrenudos. La longitud final alcanzada por cada entrenudo, normalmente incrementa de una forma progresiva al tallo; es menos que el de la correspondiente vaina foliar, a excepción hecha para el extremo y el entrenudo más largo, situado inmediatamente por debajo de la inflorescencia. Este lleva a la inflorescencia, la cual, mientras tanto, ha ido incrementando en tamaño y en complejidad y se halla casi totalmente madura, a través de la vaina foliar de la última hoja u hoja bracteal, proceso que en ocasiones se le conoce con el nombre de explosión de la espiga. Normalmente continúa desarrollandose hasta que se presenta una considerable longitud de tallo totalmente desnudo (cuello) entre el extremo de la vaina de la hoja bracteal y la base de la espiga. (15).

TRIGOIntroducción. (16)

El cultivo del trigo se extiende ampliamente en muchas partes del mundo, quizás por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países, de tal manera que en la actualidad ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial (trigo, arroz, maíz y cebada). Su mayor producción tiende a concentrarse en Países de clima templado y frío. En las dos últimas décadas la distribución del cultivo sigue extendiéndose por todo el mundo, debido a la utilización del grano para alimentación humana y para alimentación del ganado.

Clasificación botánica (15)Sistema Natural de Engler

División—————Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión—————Angiospermae  
 Clase—————Monocotyledoneae  
 Orden—————Glumiflorae  
 Familia—————Gramineae  
 Género—————Triticum  
 Especie—————vulgare

Clasificación sistemática (15)

Mangelsdorf y Vavilov, trabajaron juntos en la clasificación de 31000 tipos de trigo de todas partes del mundo y Mangelsdorf reconoce 14 grupos sobre la distribución geográfica de las diferentes especies, Vavilov reconoce 14 especies de trigo y las agrupa en tres grupos de acuerdo con el número de pares de cromosomas (7, 14, y 21 pares).

1) Grupo de especies que poseen  $2n=14$  cromosomas.

*Triticum monococcum* o escaña menor, especie originaria del Cáucaso y Asia Menor, que ya apenas se cultiva en Francia.

2) Grupo de especies que poseen  $2n=28$  cromosomas, tetraploides.

*Triticum diccocooides* o escaña almidonera salvaje.

*Triticum diccoccum* o escaña almidonera.

*Triticum turgidum* o trigo redondillo.

*Triticum polonicum* o trigo de Polonia.

*Triticum durum* o trigo duro.

3) Grupo de especies que poseen  $2n=42$  cromosomas, hexaploides..

*Triticum spelta* o escaña mayor, especie cultivada desde la edad del Bronce, y que no subsiste hoy mas que en Suiza, Rusia, Iran y Bélgica.

*Triticum vulgare* o trigo blando, que es la especie mas cultivada y la que estudiaremos.

*Triticum compactum* o trigo erizado.

### Descripción botánica (15,16,17)

Semilla.- Lo que conocemos con el nombre de grano de trigo no es la semilla, sino el fruto seco, llamado carióp<sub>s</sub>ide, es decir, el pericarpio está intimamente soldado a los tegumentos de la semilla. Dicho fruto es indehiscente.

Haciendo un corte longitudinal de éste, aparece el pericarpio rodeando al endospermo que contiene aleurona y almidón. Como predomina éste último, se dice que el endospermo es amiláceo. En la parte inferior del fruto se encuentra el embrión, que presenta un solo cotiledón, con una dilatación lateral llamada escudillo, que le sirve para absorber las materias nutritivas del endospermo, durante la germinación.

La semilla del trigo puede ser blanda o dura, generalmente de forma alargada ovoide con un pliegue en la parte



ventral, y de un color amarillento-rojizo.

**Sistema radicular.**- El sistema radicular pertenece al tipo fasciculado, las raíces que nacen a partir de la semilla son poco desarrolladas, con un reparto relativamente superficial, normalmente son cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.

Las raíces adventicias nacen en el primer nudo y toman gran desarrollo en tierra muy profunda, un 55 por ciento del peso total de las raíces se encuentra entre 0 y 25 cm. de profundidad.

**Tallo y hojas.**- El tallo del trigo es recto y cilíndrico, es hueco, con paredes delgadas, su altura depende de la variedad y oscila entre 30 y 180 cm.. El tallo solo comienza a adquirir su carácter de tal al comienzo del encañado. Es decir al comienzo de la fase vegetativa el tallo se encuentra reducido, a partir de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento. Este tallo sin embargo, presenta brotes axilares de los que se originarán los tallos hijos que poseerán la misma estructura que el tallo principal o brote primario.

Durante el encañado, el tallo o caña se alarga considerablemente y porta de siete u ocho hojas lanceoladas, envainadoras a lo largo de toda la longitud de un entrenudo, y que nacen en el nudo por debajo de aquel a cuyo nivel se desprenden las hojas del tallo. Este es, al principio, macizo volviéndose después hueco al ir avanzando en edad, salvo al nivel de los nudos en el que permanece macizo. La estructura tubular de la caña corresponde a una resistencia máxima a la flexión.

Las hojas son lanceoladas, paralelinervas y terminadas en punta, con un ancho de 0.5 a 1.0 cm. y una longitud de 15 a 25 cm., la lígula es de longitud media, la aurícula es depuntada y pilosa, las hojas se despliegan al nacer girando en

el sentido de las manecillas del reloj.

La espiga.- Se origina a partir del brote terminal del nudo de ahijamiento, desde el momento en que finaliza el ahijamiento, comienza a elevarse en el tallo, a medida que éste se alarga, y esta fase constituye el encañado.

Cuando el desarrollo del tallo ha terminado, aparece la espiga envuelta en la última hoja, es la fase de espigado.

### Estudio sistemático (15,16,17)

#### Generalidades

Un estudio sistemático, llevado a cabo desde 1947 a 1952 por P. Jonard en la Estación Central de Mejora de Plantas de Versailles, puso de manifiesto que el desarrollo del trigo puede subdividirse en procesos continuos por fases definidas que corresponden a cambios notables en el ritmo de crecimiento y el curso que sigue es éste:

- periodo vegetativo
- periodo de reproducción
- periodo de maduración

#### Periodo Vegetativo.

Se extiende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.

#### a) Fase germinación-despunte de la siembra.

1.- Factores internos de la germinación. El grano de trigo germina cuando concurren las condiciones señaladas para una semilla, que resumiendo podemos mencionar:

-La semilla está viva, se estima que la facultad germinativa normal para el trigo se mantiene durante un tiempo de cuatro a diez años según la variedad, las condiciones de

recolección y conservación de la semilla.

- La semilla está constituida normalmente; evidentemente es indispensable la integridad del embrión, si bien la composición química de las reservas del grano deben permanecer entre ciertos límites; (18)

Agua	11 a 25 %	(por ciento)
Prótidos	9 a 14 %	
Lípidos	2 a 5 %	
Glúcidos	68 a 72 %	
Materias minerales	1.5 a 2.6 %	

- La semilla debe haber alcanzado su madurez fisiológica; ésta es diferente de la madurez comercial, que va ligada al estado de sequedad del grano.

2.- Factores ambientales de la germinación. En el grano en estado de reposo, con un contenido de 12 a 15 por ciento de humedad, la actividad vital es extremadamente reducida, ya que la ausencia de agua no permite la disolución y circulación de los elementos metabolizables.

Por otra parte, el tegumento seco es impermeable a los gases, por lo que no pueden llevarse a cabo los intercambios respiratorios; y las reacciones del metabolismo entrañan oxidaciones que requieren la presencia de oxígeno y desprenden anhídrido carbónico que ha de ser eliminado, ya que de lo contrario existe el peligro de que se bloquee rápidamente la germinación.

Por último, ésta depende de un conjunto de reacciones químicas cuya velocidad crece al aumentar la temperatura; hay quien opina que se duplica cuando la temperatura aumenta en 10°C.

3.- Condiciones de la germinación y descripción

del fenómeno. Para pasar del estado de vida latente al de vida activa, el grano de trigo, por tanto, debe en primer lugar absorber agua para disolver los elementos metabolizables: no es necesario que la semilla haya absorbido toda la cantidad de agua que es capaz de absorber, para que se produzca la germinación.

En efecto el grano de trigo puede absorber de un 40 a un 65 por ciento de su peso, en agua, si bien la germinación se inicia cuando no ha absorbido mas que un 25 por ciento aproximadamente.

Los tegumentos, cuya permeabilidad a los gases de crece a medida que aumenta la humedad, se desgarran por el efecto de la hinchazón del grano, comenzando entonces los intercambios respiratorios.

La raíz principal (llamada también otoñal o primaria) aparece entonces cubierta de una ligera envoltura o coleoriza, al mismo tiempo que aparece el coleoptilo, que recubre la plúmula.

A partir del momento en que se han desarrollado las jóvenes raíces primarias, la plántula puede ya alimentarse por si misma a expensas de las soluciones del suelo, una vez agotadas las reservas del grano. El coleoptilo sirve de protección a la plúmula al tener que perforar ésta la capa superficial del suelo; en el momento en que se ha alcanzado la superficie, la primera hoja perfora el coleoptilo, que comienza a amarillear y a desecarse. En éste instante se han desarrollado tres raíces primarias.

4.- Realización práctica de las condiciones para la germinación. Todo este conjunto de fenómenos tiene lugar tanto mas rapidamente cuanto mas elevada sea la temperatura; si bien es cierto que el trigo germina desde que no hiela, ( suele decirse que su cero de vegetación tiene lugar a cero gra

dos centígrados), solo lo hace muy lentamente a temperaturas bajas; en cambio, a 20 o 22 grados C la temperatura es óptima y la germinación se realiza rápidamente.

Por último, deben cumplirse las condiciones de aireación y de humedad, la asfixia del grano contribuye a retrasar la germinación mas aun que las dificultades mecánicas.

En definitiva, en el supuesto de que las condiciones hayan sido las mejores desde todos los puntos de vista, no debe esperarse una pérdida menor del 10 por ciento en la germinación, con relación al numero de granos sembrados.

#### b) Fase germinación-ahijamiento.

1.- Preahijamiento. Cuando la primera hoja, todavía enrollada, perfora el coleoptilo, comienza a distenderse y cuando está a la mitad de su desarrollo, permite observar la punta de la segunda hoja, cuya base permanece aun envainada por el coleoptilo que comienza a amarillear; la planta posee entonces cinco raíces primarias.

Un poco despues, las dos primeras hojas a mitad de su desarrollo, permiten ver la punta de la tercera; al mismo tiempo, se puede distinguir, por transparencia a traves del coleoptilo, un filamento que termina en un abultamiento que comienza a hincharse cada vez mas, hasta formar el nudo de ahijamiento.

Este filamento se denomina rizoma, y se reconoce fácilmente porque es mucho mas fino que el tallo por el que se va a continuar. Es tanto mas largo cuanto mas profunda haya sido la siembra, ya que el nudo de ahijamiento se forma casi a nivel de la superficie del suelo.

Durante éste periodo de tiempo, el coleoptilo se separa progresivamente del eje de la planta, al irse desecando; el grano, cada vez mas marchito y desprovisto de sus reservas, tiende a desprenderse mientras que las raíces primarias se alargan.

gan.

2.- Ahijamiento. El nudo de ahijamiento sufre un engrosamiento, al mismo tiempo que aparece la cuarta hoja; una pequeña hinchazón en su base permite adivinar los esbozos de las raíces secundarias. Puede considerarse que el nudo de ahijamientoes, en realidad, como el amontonamiento de cuatro a cinco nudos, a cada uno de los cuales le corresponde una hoja; los nudos permanecen en éste estado, ya que los entrenudos no se desarrollan. En la axila de cada hoja surge ya una yema axilar, que dará nacimiento a un tallo secundario.

Algunos días mas tarde, las raíces secundarias perforan la base del nudo de ahijamiento, que se alarga mientras que el rizoma se desprende del coleoptilo, completamente marchito. Las raíces secundarias se desarrollan muy rapidamente, en tanto que las primarias dejan de crecer y comienzan a tomar una coloración parda. A veces se encuentra también un tallo, llamado tallo de coleoptilo, que arranca del nudo de ahijamiento, aunque ésta formación solo tiene lugar en caso de siembra muy superficial.

Con la cuarta hoja aparece el primer brote hijo, y con la quinta el segundo brote; de ésta forma a cada nueva hoja corresponde la aparición de un hijo.

El porte general de la planta es extendido o poco erguido; la importancia del ahijamiento depende de la variedad y de la riqueza, natural o aportada, del suelo en nitrógeno. Durante el encañado, el vértice del nudo de ahijamiento comienza a diferenciar un entrenudo que se alarga, constituyendo el esbozo del tallo.

Durante éste periodo se organiza completamente la yema terminal, esbozo del futuro tallo y de la espiga principal. Al final del periodo vegetativo, la altura del nudo de ahijamiento es de 3 a 4 mm., y los esbozos de la séptima y la octava hoja recubren la yema de la espiga; ésta se encuentra, por tanto en el vértice del nudo de ahijamiento y tiene la forma de un

pequeño cono liso. Este cono consta de una zona meristemática que diferencia, por debajo de ella, un rodete situado en la base de las glumas, sobre la espiga, cuando ésta se ha desarrollado. El lugar donde ira la espiguilla se origina por un simple estrangulamiento, apenas perceptible, sobre la parte superior del vértice vegetativo. No existe ningún signo externo correspondiente, pero si se mide interrumpidamente, el metabolismo de la planta, se comprueba que está diferenciación corresponde a un retardado proceso de elaboración de materia seca, como si el crecimiento de los órganos vegetativos se inhibiese parcialmente cuando la espiga sufre una diferenciación fundamental.

Así es como define Jonard el estadio A en el desarrollo del trigo, que corresponde a la aparición del primer rudimento de espiguilla. La planta posee entonces cinco hojas aprentes.

La duración del periodo que se extiende entre la germinación y el estadio A es muy variable, y depende de la temperatura, siempre que las condiciones de nutrición de la planta sean normales.

### c) Fase ahijamiento-encañado.

Una vez realizado el estadio A, (antes descrito), y mientras prosigue la diferenciación de las espiguillas mediante sucesivos estrangulamientos del cono formador de la espiga, los tallos herbáceos se forman activamente y comienzan a crecer; en algunos casos, estos tallos pueden a su vez desarrollar yemas axilares, que darán lugar a tallos secundarios, los cuales originarán brotes herbáceos débiles o terminados en una pequeña espiga tardía.

El poder de ahijamiento es un caracter varietal, pero, aparte de la variedad, el ahijamiento depende de la importancia del fertilizante nitrogenado, de la fecha de siembra

y de temperatura que condiciona la duración del periodo de ahijamiento.

La superpoblación conduce a que las plantas se ahílen, al agotamiento de un cierto número de tallos hijos que no producen espiga o solo la dan tardía y raquítica, aumentando la sensibilidad a las enfermedades parasitarias y al encamado.

La nutrición de la planta en el momento en que emite tallos hijos y raíces es decisivo ya que está creando los núcleos de las células jóvenes que son ricos en nucleoproteína por lo que la nutrición debe ser abundante en nitrógeno y en fósforo.

Tabla de las fases de desarrollo del trigo

<u>PERIODO</u>	<u>FASES</u>	<u>FACTORES ACTIVOS</u>	<u>FENOMENOS</u>
V E G E T A T I V O	Germinación-nacencia.	Temperatura Agua Aireación Fósforo	Salida de la primera hoja  enraizamiento
	Preahijamiento	Temperatura Potasio	Tres hojas resistencia al frío
	Ahijamiento	Temperatura	Formación del nudo de ahijamiento, raíces secundarias
	Ahijado-encañado	Nitrógeno Fósforo Duración del día	Formación de los tallos herbáceos



REQUISITOS DE CLIMA Y NUTRIENTES (15,16,17)

Debido a la gran diversidad de especies, tipos, variedades y líneas existentes en ésta planta, es difícil especificar los requisitos de clima y nutrientes. Sin embargo, aquí se trata de describir las condiciones ambientales más importantes.

El trigo se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo las plantas pueden crecer en áreas con altas temperaturas, a condición de que no haya alta humedad. La temperatura óptima varía entre la variedad y depende de la etapa del desarrollo de la planta:

	Mínima	Optima	Máxima
TRIGO	2 a 4°C	25 a 31°C	31 a 43°C

Las semillas y las plántulas de cereales de invierno no soportan las temperaturas mínimas. El trigo es el cereal que más resiste, tanto las temperaturas bajas como las altas, el factor de resistencia al frío varía con la edad de la planta, las plantas sufren menos con una disminución progresiva que con un descenso brutal de las temperaturas, ya que el enfriamiento gradual permite una concentración progresiva del jugo celular; es el fenómeno de endurecimiento experimentado por Mundra.

No es preciso insistir, para comprender el papel que juega el agua en el crecimiento de la planta, puesto que, además del agua de constitución de las células y la que participa en la síntesis de los glúcidos catalizados por la clorofila, el agua es el vehículo portador de los elementos minerales solubles de la savia bruta.

A este respecto es interesante definir el coeficiente de transpiración del trigo, es decir la cantidad de agua que debe atravesar la planta para la elaboración de una determinada cantidad de materia seca.

Para el trigo, según las variedades, el coeficiente de transpiración varía de 450 a 550 gramos de agua por gramo de

materia seca.

El exceso de humedad causa, sobre todo, modificaciones en el medio ambiente en que se desarrollan las raíces, en un sentido desfavorable a éstas. Provoca la asfixia de las raíces, es responsable del amarillamiento que denuncia el hambre de nitrógeno (no por falta de éste elemento, sino por la imposibilidad para la planta de vegetar normalmente y absorberlo). Igualmente ésta asfixia puede favorecer el desarrollo de gérmenes anaerobios causantes de podredumbres.

Si la humedad sobreviene tarde, puede debilitar y ablandar los tejidos de sostén de la planta, dando lugar al en-camado fisiológico.

La influencia del fotoperiodo en el trigo se manifiesta en que a mayor duración del día se acelera la floración -fotoperiodo largo- en general la reducción de la longitud del día atrasa la floración de las plantas, el ahijamiento herbáceo se realiza con un valor determinado del fotoperiodismo, diferente según las variedades.

Nutrientes.- Se ha intentado muchas veces evaluar las necesidades en elementos fertilizantes por unidad de producción, The National Plant Food Institute estima: (31)

Cultivo	Parte	Rend./ha	Nitrógeno	P O	K O	Calcio
				Fósforo	Potasio	
TRIGO	GRANO	1.09 ton.	56 Kg/ha	28K /ha	17Kg/ha	1.1 Kg
	PAJA	1.36 ton.	22 Kg/ha	5.6 "	39Kg/ha	6.7 Kg
	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Manganeso	Zinc
	6.7Kg/ha	3.3 Kg	0.045Kg	0.033Kg	0.10 Kg/ha	0.16 Kg
	3.3Kg/ha	5.6 Kg	-----	0.011Kg	0.18 Kg/ha	0.056Kg

Tras estas indicaciones pasemos a precisar el papel de los elementos anteriores en la elaboración de los tejidos del trigo.

Como ya hemos indicado el nitrógeno entra en la composición de las nucleoproteínas de los nucleos de las células, por lo que se encuentra abundantemente en los tejidos jóvenes. Es por tanto, el factor determinante del crecimiento de los órganos vegetativos, siendo éstos los que se ven afectados en su composición por la aportación de nitrógeno.

Como el nitrógeno, el fósforo entra en la composición de las nucleoproteínas y su carencia puede provocar el mismo fenómeno de amarillamiento que la carencia de nitrógeno.

La absorción del fósforo va ligada a la del nitrógeno, compensando los efectos de éste, al constituir las esclerosis y fosfoproteínas, resistentes al encamado. Por otra parte, el fósforo es un factor de precocidad, que acelera la maduración tras haber aumentado la fecundidad, lo cual se traduce en rendimiento.

El ion potasio, favorece la asimilación clorofílica y por tanto, la formación de azúcares, es absorbido fácilmente por permeabilidad selectiva de la membrana celular, tiene a éste respecto un papel preponderante.

La cal es absorbida progresivamente durante todo el desarrollo de la planta, ya que interviene en la formación de la laminilla intermedia, de pectato de calcio, situada entre las paredes celulares. También sirve para la precipitación de ácidos perjudiciales a la planta, producidos en el metabolismo celular como el ácido oxálico, formando oxalato cálcico.

Digamos por último que la fertilización tiene una influencia manifiesta sobre la resistencia al frío, al aumentar la concentración del jugo celular, elevando su presión osmótica, lo cual retarda las migraciones del agua fuera de las células.

C E B A D AIntroducción. (17)

La cebada es una especie bajo cultivo en México, y su importancia es por su uso en la alimentación de ganado y por su demanda en la industria de la cerveza. El déficit anual de cebada maltera para la industria nacional es de 30 000 toneladas que se tienen que importar. El área sembrada en el país actualmente es de 245 000 hectáreas, la mayor parte de temporal, en los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla.

Actualmente el principal uso de la cebada es como alimento para ganado. De un 20 a un 25 por ciento de la producción se emplea como fuente maltera, para la elaboración de alcohol, whisky, cerveza y bebidas similares, y para obtener varios extractos y productos alimenticios.

Clasificación botánica (15)Sistema Natural de Engler.

División \_\_\_\_\_ Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión \_\_\_\_\_ Angiospermae  
 Clase \_\_\_\_\_ Monocotyledoneae  
 Orden \_\_\_\_\_ Glumiflorae  
 Familia \_\_\_\_\_ Gramineae  
 Género \_\_\_\_\_ Hordeum  
 Especie \_\_\_\_\_ vulgare

Clasificación sistemática. (15)

El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. Se encuentran tanto especies diploides como tetraploides, a diferencia del trigo y de la avena, las cebadas cultivadas son especies diploides,  $2n = 14$  cromosomas.

Especies cultivadas:

*Hordeum vulgare*, *H. distichum*, *H. irregulare*.

Descripción botánica. (15, 16)

**Semilla.**- Es un cariósipide, que difiere del que exhibe el trigo en una serie de pequeños detalles: está más apuntado en el ápice y la capa de aleurona consta de varios estratos celulares en lugar de uno solo. En las cebadas con cáscara, el cariósipide se halla completamente oculto por la lemma y la palea; la lemma con cinco nervios, se extiende hasta unos dos tercios de la parte redondeada, sus bordes se solapan con los de la palea, la palea muestra un surco ventral que se corresponde con el cariósipide.

**Sistema radicular.**- Es de la misma forma que el que presenta el trigo, solo más superficial que éste último. Se estima que un 61 por ciento del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 centímetros, alcanzando las raíces más largas 1.20 metros de profundidad. La cebada desarrolla su sistema de raíces adventicias al tiempo de macollar.

**Tallo y hojas.**- El tallo es recto y cilíndrico, la altura de la planta varía de 60 a 100 cm., dependiendo de la variedad, pueden observarse las mismas modalidades que presenta el trigo,

Las hojas son lanceoladas, con una longitud de 22 a 30 cm., y un ancho de 1 a 1,5 cm., los limbos foliares muestran, en la mayoría de los casos, de quince a veinte nervios, contra los once o trece que presenta el trigo, los limbos foliares tienden a enrollarse en espiral, en el sentido de las agujas de un reloj, la lígula es de longitud media, las aurículas son largas y puntiagudas y no pilosas.

**La espiga.**- Las espiguillas carecen de pedúnculo y

están todas unidas directamente al eje principal o raquis; están dispuestas de forma que se recubren unas a otras, existiendo tres espiguillas sobre cada diente del raquis, al menos en la parte superior de la espiga. Si las tres espiguillas de cada nudo producen un grano, serán visibles sobre la espiga seis líneas verticales de granos dando la típica cebada de seis carreras.

### Estudio sistemático. (16,17)

#### Periodo Vegetativo.

Las antes descritas generalidades sobre el ciclo biológico de las gramíneas y el estudio sistemático descrito en el periodo vegetativo del trigo, pueden extenderse teóricamente a el ciclo vegetativo de la cebada, aunque con algunas sencillas variantes, teniendo en cuenta siempre la rapidez mucho mayor del crecimiento de la cebada, cuyo ciclo vegetativo es de ciento treinta a ciento cincuenta días, en lugar de los doscientos cincuenta a doscientos ochenta que necesita el trigo.

En la cebada la germinación es semejante a la del trigo, pero el coleoptilo, en las cebadas con cáscara, se desrolla en el interior de la lemma y por tal circunstancia parece que emerge desde el ápice del grano. Las raíces embrionarias pueden ser en número de ocho. La planta joven se distingue de la del trigo por sus aurículas mucho mas grandes y normalmente por sus vainas foliares glabras.

### REQUISITOS DE CLIMA Y NUTRIENTES (16,17)

La rapidez de crecimiento de la planta trae consigo evidentemente, la necesidad de encontrar condiciones muy favorables desde el punto de vista climático y de nutrición.

La cebada se cultiva principalmente en zonas templadas, y los rangos de temperatura para su desarrollo son:

	Mínima	Optima	Máxima
Cebada	3 a 4 C	20 C	28 a 30 C

Es importante señalar que el coeficiente de transpiración de la cebada, es por término medio, de 520 gramos de agua por gramo de materia seca, normal para una planta de primavera, las necesidades hídricas de la cebada son mas elevadas al comienzo de su desarrollo.

La luz no es un factor limitante, sin embargo en cultivos muy densos las hojas inferiores pierden eficiencia fotosintética.

Nutrientes.- El ritmo de absorción de las materias minerales por la cebada, es muy elevado al comienzo de la fase vegetativa, disminuyendo despues.

Se ha podido expresar por medio de cifras la variación de la proporción de materias minerales en la planta durante el transcurso de su desarrollo:

Treinta días despues de la nascencia	25.0%
Cuarenta y cinco días despues de la nascencia	17.4%
Sesenta y dos días despues de la nascencia	9.1%
Ochenta y ocho días despues de la nascencia	6.2%

The National Plant Food Institute estima las necesidades en elementos fertilizantes por unidad de producción, para la cebada en: (Kg/ha): (31)

Cultivo	Parte	Rend./ha	Nitrógeno	P O	K O	Calcio
				Fósforo	Potasio	
CEBADA	GRANO	0.87 ton	39	17	11	1.1
	PAJA	0.91 ton	17	5.6	34	9.0
	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Manganeso	Zinc
	2.2	3.3	0.045	0.033	0.033	0.067
	2.2	4.5	-----	0.011	0.36	0.056

El nitrógeno al igual que sucede en el trigo, es un factor de rendimiento, aunque en menor grado, por lo que las dosis a emplear serán mas modestas, los órganos vegetativos, es decir, la paja, aprovechan mejor que el grano la aportación de nitrógeno.

El fósforo, al igual que sucede con el trigo, lo absorbe la cebada, sobre todo al comienzo de la vegetación, estando su absorción ligada tambien a la del nitrógeno.

La elaboración de materia seca se realiza mucho mas rapidamente en los tres primeros meses de vegetación de la cebada, es decir, cuando la planta asegura su crecimiento ponderal.

Las necesidades de potasio son relativamente poco importantes, estimándose que quedan cubiertas con 60 a 80 unidades por hectarea.

Con relación al calcio la cebada es planta muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos esencialmente calcareos.

La cebada como planta forrajera.- Se comporta y se usa igual que el trigo y la avena, la paja de cebada es también suave, como la de la avena, se emplea para alimentar al ganado caballar, mular y vacuno.



AVENAIntroducción, (16,17)

En la producción de cereales, la avena es uno de los mas importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en producción de grano, despues del trigo, el arroz y el maíz.

Este cereal tiene multiples aplicaciones, ya en la alimentación humana o principalmente en la animal, para la cual se utiliza tanto el grano como el follaje, ya henificado o en pastoreo. En el mercado de granos la avena tiene un interes muy limitado, ya que unicamente un 5% de la producción es industrializada. En algunos países el cultivo de la avena se ha incrementado en gran forma en el presente siglo; este incremento ha sido mas marcado, probablemente debido a un aumento en las necesidades forrajeras por el aumento de ganado.

Clasificación botánica. (15)Sistema Natural de Engler.

División—————Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión—————Angiospermae  
 Clase—————Monocotiledoneae  
 Orden—————Glumiflorae  
 Familia—————Gramineae  
 Género—————Avena  
 Especie—————sativa

Clasificación sistemática, (15,16)

Se conocen especies de avena diploides, tetraploides y hexaploides.

Especies diploides; (2n = 14 cromosomas):

Avena brevis, avena corta.

Avena wiestii, avena del desierto.

Avena strigosa, avena de arenales.

*Avena nudibrevis*, avena de semilla pequeña desnuda.

Especies tetraploides; ( $2n = 28$  cromosomas):

*Avena barbata*, avena delgada.

*Avena abyssinica*, avena de Abisinia.

Especies hexaploides; ( $2n = 42$  cromosomas):

*Avena sativa diffusa*, avena arborea comun.

*Avena sativa orientalis*, avena comun de oriente.

*Avena byzantina*, avena roja.

*Avena fatua*, avena silvestre comun.

*Avena sterilis*, avena silvestre roja.

#### Descripción botánica. (15,16)

**Semilla.**-Es un cariósipide, parecido al del trigo, pero es mas largo y puntiagudo en los extremos, su color es amarillo dorado. Es de alto valor alimenticio, con un 13 a 14 por ciento de aceite que se une al almidón. El valor nutritivo de la lemma y la palea es, desde luego mucho mas bajo, el porcentaje de cascara varía entre un 20 a 35 %.

**Sistema radicular.**-Es una raíz fibrosa pseudofasciculada, un poco mas desarrollada que en el trigo, lo que permite a la planta aprovechar mas y mejor las posibilidades de nutrientes.

**Tallo y hojas.**- El tallo es una caña herbacea, recta, cilíndrica gruesa pero blanda, erguida con nudos llenos y entrenudos huecos, bastante débil al vuelco, pero con buen valor forrajero, generalmente crece de 60 a 150 cm., y con tres a cinco macollos que varían de 0.32 a 0.64 cm. de diámetro.

Las hojas son planas, alargadas y de aspecto cintiforme; con una longitud de aproximadamente 25 cm. y un ancho de hasta 1.6 cm; en el punto en el que el limbo se separa del tallo poseen una lígula de forma ovalada, pero carecen de estípulas.

El color es verde azulado, bastante oscuro, muy diferente al verde claro de la cebada.

En la etapa de plántula las hojas se despliegan en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

La espiga.- La inflorescencia se denomina panícula; que es un racimo de espiguillas de dos o tres flores, sustentadas por largos pedúnculos, sobre todo en la base de la inflorescencia, lo que da al conjunto una forma cónica.

La espiga está formada por 20 a 100 espiguillas por panícula.

#### Estudio sistemático. (15,16)

##### Periodo Vegetativo.

Hay que distinguir las avenas de invierno, que tienen un ciclo vegetativo largo, análogo al del trigo, y las avenas de primavera que, al contrario lo tienen corto, aproximadamente de ciento cincuenta días, como el de la cebada; la avena es una planta de crecimiento rapidísimo, mas aun que la cebada, el estudio sistemático descrito para el trigo puede aplicarse, para la avena.

#### Requisitos de Clima y Nutrientes (15,16,17)

La rapidez de crecimiento de la planta trae consigo evidentemente, la necesidad de encontrar condiciones muy favorables desde el punto de vista climático y de nutrición.

Los rangos de temperatura para la avena son:

	Mínima	Optima	Máxima
AVENA	4 a 5°C	25 a 31°C	31 a 37°C

La avena es una planta con exigencia de agua grande, pues su coeficiente de transpiración es elevado 530 a 600

gramos de agua por gramo de materia seca, por lo que gusta de zonas frescas pero no muy húmedas.

La luz no es un factor limitante, sin embargo en cultivos muy densos las hojas inferiores pierden eficiencia fotosintética.

Nutrientes.- The National Plant Food Institute, estima las necesidades en elementos fertilizantes por unidad de producción, para la avena en: Kg/ha: (31)

Cultivo	Parte	Rend./ha	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
AVENA	Grano	1.16 ton	56	22	17	2.2
	Paja	1.82 ton	28	17	90	9
	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Manganeso	Zinc
	3.3	5.6	-----	0.033	0.13	0.056
	9	10	-----	0.033	----	0.32

El nitrógeno al igual que sucede en el trigo, es un factor de rendimiento, aunque en menor grado, por lo que las dosis a emplear serán mas modestas, los organos vegetativos, es decir, la paja aprovechan mas y mejor la aportación de nitrógeno al comienzo del desarrollo.

El fósforo, al igual que sucede con el trigo, lo absorbe la avena, sobre todo al comienzo de la vegetación, estando su absorción ligada a la del nitrógeno.

La elaboración de materia seca se realiza mucho mas rapidamente en los tres primeros meses de vegetación de la avena, es decir cuando la planta asegura su crecimiento ponderal.

Las necesidades de potasio son relativamente mas importantes que para la cebada y trigo.

La Avena como planta forrajera.- Es una forrajera

bien conocida que tiene un papel importante en la alimentación de los animales; en distintas formas constituye el alimento básico para los equideos y da también buenos resultados en el comienzo del cebo de los animales de engorda. Es forrajera propia al cultivo en zonas frías y templadas, se puede utilizar como forraje verde, puede recolectarse cuando el grano se halla a media evolución, con éste se puede preparar también heno que si resulta algo duro, es nutritivo y aceptado de buen grado por los animales, puede mezclarse con cebada.

Como planta forrajera se usa tanto o mas que el trigo en las mismas zonas que aquel y, en general, todo lo dicho para aquella planta se puede aplicar a ésta, la paja de avena es muchísimo mas suave que la del trigo.

Para el ganado lechero y también para los caballos de carreras y salto se usa mucho.

Su riqueza en elementos nutritivos es la siguiente:

(18)

	Verde	Heno
Proteína cruda	2.6 %	8.2 %
Grasa cruda	0.8 %	2.7 %
Fibra cruda	7.5 %	28.1 %
Extracto libre de nitrógeno	13.7 %	42.2 %
Cenizas	2.0 %	6.9 %

M A Í ZIntroducción. (16)

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. En nuestro país, se calcula que ésta especie cubre alrededor del 51 por ciento del área total que se encuentra bajo cultivo.

Su origen no se ha podido establecer con precisión sin embargo se puede afirmar que el maíz ya se cultivaba en América Latina en la época precortesiana.

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial, después del trigo y el arroz. El maíz es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas. Por eso se le cultiva en casi todo el mundo.

El maíz es una buena fuente de almidón, pero su contenido de proteína es más bajo que el de otros cereales. Entre las clases de maíz, el amarillo es el más nutritivo, por su alto contenido de vitamina B, el maíz opaco tiene un alto contenido de lisina, aminoácido esencial, por lo que el maíz tiene también importancia en la alimentación animal, tanto por su forraje como por sus granos enteros, molidos o quebrados que son sumamente nutritivos.

Clasificación botánica. (15,17)Sistema Natural de Engler.

División—————Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión—————Angiospermae  
 Clase—————Monocotiledoneae  
 Orden—————Glumiflorae  
 Familia—————Gramineae  
 Género—————Zea  
 Especie—————mayz

Clasificación sistemática. (15,16,17)

Quizá en ningún otro país sea tan grande la gama de variación total del maíz como en México en lo que respecta a la diversidad de sus razas y variedades.

La clasificación de las razas de maíz en México fue realizada por Wellhausen y sus colaboradores, basándose en: a) Caracteres vegetativos de la planta; b) Caracteres de la espiga; c) Caracteres de la mazorca; y d) Caracteres fisiológicos, estudios genéticos y citológicos.

En total ha sido posible reconocer en México 25 razas de maíz distintas con algunas sub-razas, sin embargo, no todas las variedades encontradas pueden ser clasificadas íntegramente en razas y sub-razas, la mayoría de las variedades recolectadas recientemente son mezclas de dos o más razas. Las 25 razas clasificadas pueden dividirse en cuatro grupos principales como sigue: Indígenas antiguas, exóticas precolombinas, mestizas prehistóricas y modernas incipientes.

-Razas indígenas antiguas: 1) palomero toluqueño, 2) arrocillo amarillo, 3) chapalote, 4) Nal-Tel.

-Razas exóticas precolombinas: 1) Cacahuacintle, 2) harinoso de ocho, 3) oloton, 4) maíz dulce.

-Razas mestizas prehistóricas: 1) Cónico, 2) revenador, 3) tabloncillo, 4) tehua, 5) tepecintle, 6) comiteco, 7) jala, 8) zapalote chico, 9) zapalote grande, 10) pepitilla, 11) olotillo, 12) tuxpeño, 13) vandeño.

-Razas modernas incipientes: 1) chalqueño, 2) Celaya 3) cónico norteño y 4) bolita.

Sumando las razas antes citadas, dan un total de 25 razas bien definidas. A continuación, se mencionan 7 razas no bien definidas--1) conejo, 2) mushito, 3) complejo serrano de Jalisco, 4) zamorano amarillo, 5) maíz blando de Sonora, 6) onaveno y 7) dulcillo del noroeste.

Antes del conocimiento actual de las razas de maíz se subdividió a *Zea mays*. L., en subespecies o variedades botá

nicas, las que aun son vigentes como sigue:

- Zea mayz indurata ( maíz cristalino )
- " " amilacea ( " amilaceo )
- " " everta ( " palomero )
- " " saccharata ( " dulce )
- " " tunicata ( " tunicado )
- " " indentata ( " dentado )
- " " cerea ( " cereo ).

La subdivisión de la especie mayz en subespecies o variedades botánicas, es importante porque de acuerdo con la utilización que se desee del maíz o por sus caracteres tan amplios y bien definidos, las razas de maíz pueden quedar incluidas en uno u otro grupo taxonómico.

#### Descripción botánica. (15,16,17)

Semilla.- La semilla de maíz está constituida por las siguientes estructuras: 1) pericarpio, 2) capa de células de aleurona, 3) endosperma, 4) capa de células epiteliales, 5) escutelo, 6) coleoptilo, 7) plúmula, 8) nudo cotiledonar, 9) radícula, y 10) coleorriza.

Botanicamente es un fruto en cariósipide desnudo, unicamente en el estado inicial sin maduración es apreciable como cada grano tiene alrededor del mismo una serie de escamas las dos glumas, las dos lemmas y dos paleas de la espiguilla biflorada.

Sistema radicular.- La raíz principal está representada por una a cuatro raíces seminales, pero éstas pronto dejan de funcionar como tales, ya que proceden directamente del cariósipide y en su lugar principian a desarrollarse una profusa cantidad de raíces fasciculadas o fibrosas; por lo tanto, el maíz carece de raíz pivotante. El sistema radicular fibroso se localiza propiamente en la corona, para ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc. hasta rematar cada una en los pe



los radicales (radicales o absorbentes) se encuentran por millones en el sistema radicular de una planta de maíz. Cada uno de éstos pelos queda en íntimo contacto con las partículas del suelo, y por ósmosis, las células, a través de sus membranas, aprovechan el agua y los nutrientes.

Además de la función importante de la absorción por los pelos radicales, existe otra también de gran interés en lo que se refiere a que constituyen el medio de fijación o anclaje de la planta. El maíz puede desarrollar raíces adventicias en los primeros nudos del tallo. La mayor o menor cantidad de raíces adventicias dependerá del genotipo de la planta, existen reportes de raíces que han profundizado al rededor de un metro con cincuenta centímetros.

Tallo y hojas.- Es mas o menos cilíndrico el tallo formado por nudos y entrenudos, el número de éstos es variable generalmente son de 8 a 21, pero son mas comunes las variedades con mas o menos 14 entrenudos. Los entrenudos de la base de la planta son cortos, y van siendo mas largos a medida que se encuentran en posiciones mas superiores, hasta culminar con el entrenudo mas largo que lo constituye la base de la espiga o panoja. Existen tendencias similares al grosor de los entrenudos, o sea que los inferiores son de mayor diámetro que los superiores. El grosor es variable también, según las variedades y sus condiciones de cultivo, existen de mas de 5 cm. hasta menos de 1 cm. de grosor. Los entrenudos son medulares, la altura del tallo también depende de la variedad y de las condiciones de cultivo, varía de mas o menos 80 cm. hasta alrededor de 4 m. Basicamente el tallo se origina de la plúmula del embrión y existen dos regiones de crecimiento diferentes: en uno meristemas intercalares constituyendo los nudos con tejido permanente, y los entrenudos que se diferencian mas lentamente según el ritmo de crecimiento de la planta.

El número de hojas por planta sin incluir hijuelos

es variable, encontrándose plantas desde 8 hojas hasta alrededor de 21. En mas frecuencia son de 12 a 18, éste número de hojas depende del número de nudos del tallo, ya que en cada nudo emerge una hoja.

Las hojas se desarrollan de los primordios foliares. Al principio el crecimiento es en el ápice, pero despues se van diferenciando los tejidos mediante crecimiento en todos sentidos hasta adquirir la forma característica de la hoja lanceolada, o sea larga y angosta, con venación paralelinerve y constituida por vaina, lígula y limbo. La vaina es envolvente y con sus extremos no unidos, la lígula es incipiente, el limbo es sesil plano y con longitud variable desde mas o menos 30 cm. hasta mas de un metro, la anchura también es variable de mas o menos 5 centímetros a mas de 10 cm., desde luego esas variaciones dependen de la constitución genética de las variedades y de las condiciones ecológicas y edáficas.

Flores.- El maíz es monóico, es decir tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores son estaminadas o pistiladas. Las flores estaminadas o masculinas están representadas por la espiga. Las pistiladas o femeninas son las mazorcas.

### Estudio sistemático. (15,16,17)

#### Periodo vegetativo.

El maíz es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según la variedad, encontrando algunas tan precoces con alrededor de 80 días, hasta las mas tardías con alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha.

Al colocar las semillas en condiciones óptimas de humedad y calor, aumenta de volumen por la absorción de agua. Principia la transformación de almidón en azúcares debido a procesos enzimáticos y a retrogradación química obteniéndose prin

principalmente glucosa, ésta es una fuente de energía que activa la división celular. Continúan los procesos bioquímicos, fisiológicos y morfológicos para la diferenciación y el desarrollo de los órganos del embrión. La germinación se inicia desde el primer día de estar la semilla en condiciones óptimas y la emergencia de la plántula es variable por diversos factores del ecosistema.

Bajo condiciones particulares y apropiadas de temperatura, humedad y aireación, el maíz, dentro de los seis días posteriores a la siembra muestra el principio de desarrollo de lo que será posteriormente la planta de maíz.

El cambio de la fase vegetativa a la fase productiva se produce más temprano, cuando el periodo de cultivo coincide con días cortos, durante días largos, el maíz florece tardíamente.

#### Requisitos de clima y nutrientes. (16,17)

El cultivo del maíz, actualmente se realiza en la mayoría de los países del mundo, precisamente por ser una especie vegetal que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas como resultado de su amplia gama, de variabilidad genética, de tal manera que, por selección natural y/o por fitomejoramiento, es susceptible de aprovecharse económicamente en siembras comerciales en regiones agrícolas con las siguientes condiciones:

Temperatura.- Las temperaturas en lo que se refiere a los requerimientos para el proceso de la germinación de la semilla son: temperaturas menores de 10°C retardan o inhiben la germinación y al disponer la semilla de humedad, se pueden presentar patógenos que dañan parcial o totalmente el embrión. En general la temperatura media óptima durante el ciclo vegetativo del maíz, es de 25 a 30°C, pero debe recordarse que puede ser mayor o menor según las distintas variedades. Temperaturas medias máximas de 40°C, son perjudiciales en es-

pecial en el periodo de la polinización en regiones con alta humedad relativa.

Humedad.- Los requerimientos óptimos de humedad son diferentes, si se concideran variedades precoces o tardías. Bajo condiciones de temporal y con variedades adaptadas, se pueden tener buenos rendimientos con mas o menos 500 mm de precipitación pluvial distribuidos durante el ciclo vegetativo. Desde luego existen variedades criollas que prosperan con poco menos de 500 mm.

Fotoperiodo.- Se considera que el maíz es una planta insensible al fotoperiodo debido a que se adapta a regiones de fotoperiodos cortos, neutros, o de fotoperiodo largo. Sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen de 11 a 14 horas luz, mayor número de horas luz o menor número de los antes indicados si son excesivas, afectan el desarrollo normal del maíz disminuyendo los rendimientos.

Nutrientes.- The National Plant Food Institute estima las necesidades en elementos fertilizantes por unidad de producción, para el maíz en Kg/ha: (31)

CULTIVO	Parte	Rend/ha	Nitrógeno	P O	K O	Calcio
				Fósforo	Potasio	
MAIZ	GRANO	4.78ton	150	60	45	2.2
	PAJA	3.40ton	112	41	162	29.0
	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Manganeso	Zinc
	9	11	0.11	0.067	0.1	0.17
	22	16	----	0.056	1.7	0.34

Composición del forraje del maíz. Al igual que los granos, el forraje de ésta planta es rico en hidratos de carbono y pobre en proteínas. El rastrojo de maíz es todavía mas po

bre en proteínas y posee una relación nutritiva mas amplia. El forraje contiene una riqueza de calcio y fósforo análogo a la del heno de gramíneas. El forraje verde de maíz aunque perteneciera a una variedad de maíz blanco tiene un alto valor en vitamina A, se debe ésto a que los tallos y las hojas por ser verdes contienen una cantidad de caroteno mayor que el grano. El valor en vitamina A de un forraje seco de maíz es muy variable y depende de que las hojas y tallos estuvieran verdes cuando se recolecte la cosecha y de la forma en que se haya hecho la desecación. El forraje verde de maíz puede proporcionar una cantidad considerable de vitamina D, si no se corta antes de la fase en que los granos se hacen dentados. Casi toda la vitamina D se encuentra en las partes secas: jilote, bracteas y hojas ya secas. El rastrojo contiene aproximadamente la cuarta parte de las proteínas digeribles y una cuarta parte de la energía neta de la cosecha de maíz para grano.

Su riqueza en elementos nutritivos es la siguiente:

Forraje Verde (sin mazorca) (18)

Proteína cruda	1.5 %
Grasa cruda	0.3 %
Fibra cruda	3.3 %
Extracto libre de nitrógeno	5.5 %
Genizas	1.0 %

G A R B A N Z OIntroducción. (17,18)

Actualmente el garbanzo es un cultivo de suma importancia en algunos Estados de la República Mexicana, pues representa una fuente de proteínas en la alimentación animal y humana, y ahorra divisas cuando la producción se exporta. Quizás la mayor importancia del cultivo estriba en el beneficio social que aporta al medio rural mexicano, pues de las - 150 000 hectareas que se siembran al año en el país, con garbanzo, aproximadamente 135 000, son cultivadas por familias de escasos recursos.

Las numerosas ventajas de éste cultivo se pueden resumir en los siguientes puntos: a) el garbanzo, como alimento directo para el ser humano, tiene aceptables porcentajes de proteínas de fácil digestión y de carbohidratos; b) puede usarse como cultivo de invierno, sin interferir con los cultivos mas importantes de verano o primavera; c) es una planta con la cual la familia rural mexicana está ampliamente familiarizada, lo mismo que como alimento que como cultivo; d) puede usarse durante el invierno en rotación con cereales de verano si se cosecha correctamente, y proporcionar grano para el consumo directo del hombre o de los animales y forraje para la alimentación del ganado en invierno, que es la época de escasez; e) aparentemente el garbanzo es capaz de completar su ciclo vegetativo y producir cosecha aún en condiciones de poca humedad y como además es pequeño el daño causado por las plagas al garbanzo, el costo de producción es bajo, comparado con otros cultivos por lo que los rendimientos del garbanzo y las ganancias pueden ser mayores.

Clasificación botánica. (15,17)

Sistema Natural de Engler.

División—————Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión—————Angiospermae  
 Clase—————Dicotyledoneae  
 Orden—————Rosales  
 Familia—————Leguminosae  
 Sub-familia—————Papilionoideae  
 Tribu—————Vicia  
 Género—————Cicer  
 Especie—————arietinum

Clasificación sistemática. (15,17)

Burkart A., dice que las variedades botánicas de garbanzo pueden clasificarse de la siguiente forma:

Flores violáceas o rosadas;

Semillas de color negro: Var. vulgare

Semillas castaño rojizas: Var. fuscum

Semillas color rojo sangre: Var. rythidosper-  
mum.

Flores blancas;

Semillas castaño claras: Var. macrocarpum

Semillas amarillo naranja: Var. globosum.

Descripción botánica. (17,18)

Semilla.- Las semillas son generalmente globosas y ligeramente aplastadas y lobuladas por un lado. Hilio en el ápice, puntiagudo con la calaza en medio; el otro lado de la semilla es redondeado; superficie de tegumento ligeramente rugosa; los colores de la semilla, según la variedad, pueden ser blanco mate, crema, café, rojizo y negro.

Sistema radicular.- Es una raíz principal ramificada, pivotante, pueden portar nódulos radiculares, la raíz principal puede alcanzar una profundidad de 1 a 2 m., las raíces laterales desarrollan una radícula cónica.

Tallo y hojas.- Es una planta anual, que alcanza de 30 a 50 cm. de altura, velluda y glandulosa, de hojas imparipinadas sin zarcillos y uniformemente epulvinadas, con foliolos dentados típicos, y estípulas lanceoladas y dentadas.

Flor.- Las flores, en racimos axilares unifloros con los pedúnculos mas cortos que la hoja, son pequeñas de color blanco y azul, normalmente fértiles y autofecundables. el caliz tiene cinco dientes largos; el estandarte es redondeado y con alas libres; filamentos en tubo mas largo que el ovario arriba libres y dilatados; anteras elípticas uniformes; ovarios sésiles con dos o mas semillas; estilo filiforme glabro vaina oval inflada bivalva y velluda.

#### Estudio sistemático. (17)

##### Periodo vegetativo,

El garbanzo es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango amplio según las variedades y las regiones en general su ciclo es de 140 días; mas tiempo no es conveniente por que éstas variedades ocupan demasiado tiempo el campo.

##### Clima y nutrientes. (17,18)

La semiaridez y las temperaturas que van desde la media a la caliente, son las principales condiciones climáticas que se requieren para una buena producción de garbanzo.

El contenido protéico es mas elevado en climas calientes y secos, y mas bajo en climas húmedos y templados. El nivel de nitrógeno en el suelo es mas elevado en regiones calientes y secas en donde, por otra parte, el grado de lixiviación del nitrógeno es menor que en las regiones húmedas y templadas. Un suministro restringido de humedad significa al cultivo un desarrollo vegetativo menor, y simultaneamente habrá una mayor disponibilidad de nitrógeno para la producción de grano.



Los granos con mayor contenido de proteína se producen en los años secos, y los de menor porcentaje de proteína en los años húmedos. La temperatura juega un papel dominante por que influye en la composición orgánica pero el nivel de fertilidad del suelo es mas importante porque afecta la composición orgánica e inorgánica de las plantas.

En México además de los estados de Sinaloa y del Bajío son adecuadas para el cultivo del garbanzo en cuanto concierne a intensidad luminosa, calor y clima seco, entre ellas parte de los estados de Morelos, Guerrero, Nayarit, Baja California, Tamaulipas, San Luis Potosí, Oaxaca y Yucatán se pueden considerar como las mas importantes, siempre que se pueda suministrar agua al cultivo para sus requerimientos normales.

Con respecto a la temperatura debe añadirse que las plantas no se dañan fácilmente por las bajas temperaturas de invierno. Sin embargo, puede sufrir el efecto de heladas tardías cuando el cultivo está en completa floración, o cuando los frutos en las vainas están todavía en los estados iniciales de maduración.

#### Aprovechamiento (17,18)

En la alimentación del ganado, en ocasiones se muele la planta entera, es decir, las semillas y la paja. Si se da la semilla sola, no debe darse mas de 1.5 kg. diarios por vaca. La paja que se obtiene una vez cosechado el grano, se asemeja a la del frijol y es en realidad un magnífico alimento para equinos y vacunos. En el ganado vacuno lechero, el garbanzo aumenta un poco la producción de leche.

#### Composición química de la paja de garbanzo:

Agua	15.2%	Hidratos de carbono	29.6%
Proteínas	8.2	Fibra	40.6
Grasas	1.7	Cenizas	4.7

## TRITICALE

### Introducción. (17)

El triticales es un anfiploide resultante de la duplicación de cromosomas del híbrido intergenérico producido al cruzar el trigo por centeno.

El centeno es el progenitor masculino de los triticales, como progenitor femenino se puede utilizar el trigo harinero o el cristalino.

Se sabe muy poco sobre los usos a que se destinarán los triticales. Actualmente se están usando para la producción de bebidas alcohólicas en Canadá, algunos fabricantes han encontrado que se pueden usar para la fabricación de cereales para el desayuno. Todavía no se sabe si serán usados para la alimentación de animales o para el consumo humano o ambos.

### Clasificación botánica. (15,17)

Tschermak, citado por Briggles, fué quien sugirió la palabra triticales, para designar el anfiploide de trigo por centeno. Larter sugiere que se designe como Triticales hexaploide a la especie que posee 42 cromosomas somáticos, y Triticales octaploide a los que posean 56 cromosomas somáticos. Kies propuso el nombre *Triticum triticales* para designar los triticales hexaploides en los cuales se halla reemplazado el genomio DD del trigo harinero por el genomio RR del centeno.

Baum, considera:

Género, conservar el nombre genérico Triticales, debido a que es el mas usado.

Especie, debido a los anfiploides de *Triticum* por *Secale* constituyen entidades taxonómicas y su progenie conserva el genotipo de sus padres, deben considerarse como especies. El propone usar epítetos específicos, bajo el nombre genérico de Triticales, formados por los nombres condensados de la especie de que provienen. Sin embargo, el usa la clasificación clásica de las es

pecies de trigo y no la de Bowden y propone la siguiente clasificación:

Triticale turgidocereale	(turgidum-cereale)
" durocereale	(durum-cereale)
" dicoccocereale	(dicoccum-cereale)
" dicoccoidecereale	(dicoccoide-cereale)
" rimpai	(aestivum-cereale)
" duromontanum	(durum-montanum)
" carthlicovavilovii	(carthlicum-vavilovii)

Bajo éste sistema se puede hacer cualquier combinación dependiendo de la crusa de que provengan los triticales. Mas aun propone dar un epíteto específico a cada una de las combinaciones como por ejemplo Triticale rimpai. De acuerdo con esto las variedades Rosner deben clasificarse como Triticale turgidocereale y no Triticale hexaploide como propone Larter.

#### Descripción botánica (15,17)

##### Características de la planta:

Hábito de crecimiento	Primavera
Días a la floración	80 a 90
Altura de la planta	Normal de 118 cm.
Tallo con vigor	Intermedio
con color	Crema

##### Características de la espiga:

Espiga	Barbona
Forma	Fusiforme
Longitud	10.1 a 10.5 cm.
Densidad	Media a densa
Desgrane	Resistente
Gluma con color	Crema
Barbas con longitud	3.5 a 9.5 cm.
con color	Crema
Consistencia	Dura

Calidad: (17)

El cariópsis, que se desgrana en todas las formas cultivadas es semejante en su estructura al del trigo, pero considerablemente arrugado y ligeramente mas delgado. Semejante a la calidad de un trigo.

Area de adaptación: (17)

Estos triticales se pueden sembrar, bajo condiciones de riego, en todas las regiones donde actualmente se cultiva trigo, cebada o avena y en siembras de temporal, siempre y cuando no se retrase, pues cuando ésto sucede las heladas afectan el cultivo.

Cuando en las zonas de riego las condiciones ambientales favorecen el ataque de enfermedades al trigo, se ha observado que generalmente no atacan al triticales, o bién la incidencia de éstas es mas reducida. Al aumentar la diversidad genética en los triticales irán apareciendo líneas con alta adaptación específica a ciertas condiciones ambientales.

Rendimiento: (17)

Con triticales no solo se aumenta el rendimiento, si no también la calidad nutricional alimenticia, ya que algunos de los aminoácidos esenciales de su proteína están en mayor proporción en ellos que en el resto de los cereales.

Los rendimientos de los triticales actuales son superiores a las mejores variedades de trigo, tanto en la siembra de riego de invierno, como en las de temporal de verano.

En el programa mexicano en el ciclo 69-70, el mayor rendimiento reportado fué de 6282 kgs/ha, bajo 60 kg. de N/ha.

Uso: (17,18)

El primer uso que se le dio al triticales fue el de la preparación de alimentos concentrados para la ganadería, aumentando significativamente la producción lechera. Además la harina es excelente para hacer galletas y pan de caja.

S O R G OIntroducción. (17,18)

El cultivo del sorgo ha adquirido mucha importancia en los últimos años y se ha visto que puede substituir al maíz en la mayoría de los usos que éste tiene, como en la alimentación humana, como forraje y grano para la engorda de animales, y también para la industrialización.

El cultivo del sorgo empezó a adquirir importancia en México, aproximadamente en 1958 en la zona norte de Tamaulipas (Rio Bravo), al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en aquella región.

El principal uso del grano de sorgo es como alimento para ganado y aves, dependiendo de la zona de abastecimiento. El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México varía de 8.5 a 9 por ciento.

Clasificación botánica (15,17)Sistema Natural de Engler.

División ————— Embryophyta siphonogama  
 Subdivisión ————— Angiospermae  
 Clase ————— Monocotyledoneae  
 Orden ————— Glumiflorae  
 Familia ————— Gramineae  
 Género ————— Sorghum  
 Especie ————— vulgare

Clasificación sistemática. (15,17)

Los sorgos, que son de origen Africano, presentan una extrema variabilidad, en lo que concierne a su número cromosómico, son:

Sorghum vulgare	2n = 20
Sorghum versicolor	2n = 10

Sorghum vulgare var. sudanense	2n = 20
Sorghum halapense	2n = 40
Sorghum alnum	2n = 40

De acuerdo a su forma y empleo; los grupos principales son:

- Los sorgos de grano
- Los sorgos para forraje
- Las retamas cereales (sorgo escobero)
- Los sorgos dulces

#### Descripción botánica. (17,18)

Semilla.- Es un cariósipide, de forma ovalada, en número de 25000 a 60000 por kilogramo, el color varía, ya sea blanco, rojo, amarillo o café, proviene de complejos genéticos la mayor parte del cariósipide es endosperma, el cual se compone de almidón casi en su totalidad.

Sistema radicular.- Las raíces del sorgo son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raicillas laterales. La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una de las razones por las cuales el sorgo es tan resistente a la sequía, aunque otros factores también contribuyen a tan marcada resistencia de la especie.

La planta crece lentamente hasta que el sistema radicular está bien desarrollado, de tal manera que para la época de madurez las raíces abastecen una area foliar aproximadamente de la mitad de aquella del maíz.

Tallo y hojas.- El tallo es cilíndrico, erecto, sólido y pueden crecer a una altura de 0.60 m. a 3.50 m. estando divididos longitudinalmente en entrenudos y de los cuales emergen las hojas. Cada nudo está provisto de una yema lateral, en

algunas variedades una, dos o tres de las yemas inferiores se desarrollan para formar macollos; ésta clase de amacollamiento no se considera indeseable, sin embargo, el desarrollo de yemas laterales en los nudos superiores tiene como resultado una especie de ramas cuyas espigas maduran mucho más tarde que la principal y por lo tanto es indeseable; la longitud de los entrenudos determina la altura de la planta, por lo que algunas variedades doble enanas, enanas y altas, de la misma precocidad y en el mismo estado de madurez, tendrán el mismo número de hojas, nudos y entrenudos, siendo la diferencia en estatura debida a la longitud de los entrenudos en algunas variedades poco diferentes.

Las hojas aparecen alternas sobre el tallo, las vainas foliares son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas. Todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas, pero todas ellas las poseen algo más pequeñas que las de maíz. Las hojas del sorgo se doblan durante periodos de sequía, característica que al reducir la transpiración, contribuye a tan peculiar resistencia de la especie a la sequía.

Inflorescencia.-La inflorescencia del sorgo se denomina con el nombre de panícula, ésta es compacta o semicomacta en algunas variedades como los milos, hegaris, kafirs, etc. y abierta en otras como los shallus, sorgos escoberos, el pagto sudan, algunos pastos forrajeros, etc.. Las floresillas son de dos clases sésiles y pediceladas, las últimas son por lo general estaminadas. Cada floresilla sesil contiene un ovario el cual después de la fecundación se desarrolla para formar una semilla.

Estudio sistemático. (17,18)

Periodo vegetativo,

El sorgo es una especie vegetal con hábito de cre\_

cimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio segun las variedades y las regiones, en general las variedades de mayor rendimiento son de 120 a 140 días; mas tiempo no es conveniente por que éstas variedades ocupan demasiado tiempo en el terreno de cultivo. Existen excepciones respecto a ésta conclusión, pero son casos muy particulares.

El estudio del ciclo biológico, presentado en generalidades de gramíneas, es aplicable a el cultivo del sorgo.

#### Requisitos de clima y nutrientes. (17,18)

Temperatura.- Se considera como temperatura media óptima para su crecimiento 26.7°C y como mínima 16°C; temperaturas medias de 16°C ya no son convenientes, pues el ciclo se alarga y bajan los rendimientos, sin embargo, se han desarrollado variedades para climas templados con temperaturas medias de 15°C. La temperatura media máxima a que se puede desarrollar el sorgo es de 37.5°C.

Humedad.- Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, el álcali y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en las zonas marginales; por su resistencia a la sequía, es propio el sorgo de cultivarse en las areas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellos que tengan una distribución de 400 a 600 mm de precipitación media anual.

Fotoperiodo.- El sorgo se caracteriza por ser de un fotoperiodo corto, lo cual quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto y el oscuro largo. Sin embargo, existen diferencias en cuanto a la sensibilidad a la longitud del fotoperiodo, las cuales son de origen genético. El periodo de crecimiento en el sorgo es influenciado tanto por la temperatura como tambien por el fotoperiodo.



Nutrientes.- The National Plant Food Institute estima las necesidades en elementos fertilizantes por unidad de producción, para el sorgo en; Kg/ha: (31)

Cultivo	Parte	Rend/ha	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
SORGO	GRANO	1.82 ton	73	39	22	4.5
	PAJA	2,74 ton	95	28	140	32.0
	Magnesio	Azufre	Boro	Cobre	Manganeso	Zinc
	5.6	5.6	-----	0.011	0.045	0.045
	20.0	-----	-----	-----	-----	-----

Aprovechamiento.- El sorgo es un cultivo netamente forrajero, tiene gran utilización como forraje verde, pues proporciona buena calidad de forraje verde, mientras no sea muy tierno y contenga mucho ácido cianhídrico.

En forma de heno es una de las principales maneras de utilización, la cosecha con éste fin se debe realizar cuando empiezan a aparecer las panículas, se puede también aprovechar ensilado cuando no se puede usar directamente. En pastoreo es uno de los mejores usos que se destina, por su rápida recuperación.

\* Véase página 162 DETERMINACION DE ACIDO CIANHIDRICO ....

## VII-H I D R O P O N I A .\*

Corresponde al D. Wm. F. Gericke, profesor asociado de Fisiología Vegetal de la Universidad de California, el mérito de haber comenzado en 1938 a realizar cultivos sin tierra fuera de laboratorio a gran escala. Este sabio fue quien inventó la palabra "Hidroponía".

La posibilidad de cultivar plantas sin tierra, fue admitida en el pasado por hombres de ciencia dedicados a la Botánica. Con recordar que en 1699, Woodward logró hacer crecer menta en agua solamente, queda establecida su más antigua fecha. Pero ha sido en los últimos treinta años que la Hidroponía ha adquirido jerarquía de arte y de industria, plena de realidades prácticas y de promisorias perspectivas. Se entiende por Hidroponía el método que consiste en proveer a las plantas los nutrientes de que tienen necesidad para su crecimiento, no por intermedio de su hábitaculo natural, de la tierra, sino por intermedio de una solución sintética de agua y de sales minerales diversas.

Hace cincuenta años, en experiencias que han quedado clásicas, Raulin para los hongos, Sachs y Knop para los vegetales superiores, habían demostrado que los vegetales eran susceptibles de crecer y alcanzar su pleno desarrollo en agua donde se había disuelto cierto número de sales minerales en cantidades adecuadas. Se comenzó así a precisar cuales son los elementos necesarios o favorables para la edificación de los tejidos vegetales.

Es comprensible el interés de estos cultivos como medio de investigación; la tierra resulta un medio muy complejo que incluye materias minerales mas o menos solubles según el grado de humedad y de acidez ambiente, sustancias orgánicas y microorganismos, formándose interreacciones que hacen difícil el análisis exacto de un factor determinado. Por el contrario

\*(19,20,23,24)

es posible establecer la composición de una solución hidropónica con un rigorismo muy grande y determinar la acidez y alcalinidad exactamente requeridas. También el cultivo sin tierra, tal como ha sido mejorado en los últimos años, es empleado por numerosos investigadores para elucidar los problemas de difícil resolución debido a la complejidad de la biología vegetal. Pero los cultivos sin tierra aplicados en el dominio práctico y los resultados obtenidos, son los que justifican el interés por la Hidroponía. Es así que se han puesto a punto los mas diversos dispositivos en diferentes países, permitiendo el cultivo floral y hortícola, al aire libre y en invernaderos, así como con plantas forrajeras, obteniendo rendimientos comerciales superiores; alimentando a las plantas únicamente con soluciones de sales minerales.

La aplicación técnica, actual del cultivo con agua a la producción comercial, no se apoya en ningún otro principio fuera de los ya conocidos descubrimientos por los precursores científicos del siglo pasado. Implica, más bien, la aplicación de una técnica en vasta escala, desarrollada sobre la base de un conocimiento de la nutrición vegetal, adquirido en previas investigaciones conducidas sobre una escala de laboratorio. Este último ha proveído el conocimiento de la composición adecuada para las soluciones. Los métodos para controlar las concentraciones artificiales y el grado de acidez, alcalinidad, etc., son similares en las grandes instalaciones a los empleados en los cultivos de laboratorio. Todo ello derivado de las experiencias prácticas a lo largo del tiempo.

La solución nutritiva y la esencialidad de los elementos. (19,20,21)

Los elementos químicos que se encuentran en las células vegetales pueden ser muchísimos, pero el hecho de encontrar un elemento en alguna planta no es suficiente para con

cluir que sea esencial para la vida de ella, ya que los minerales son absorbidos principalmente por intercambio iónico del medio, de acuerdo a leyes físicas y no a la importancia que tengan en el metabolismo. Para considerar que un elemento dado es esencial, es preciso demostrar: (criterio de Arnon) a) que la planta no puede completar su ciclo vital normal en ausencia del elemento; b) que el elemento es específico, es decir, que no puede ser sustituido por otro en su acción fisiológica. Bollard y Butler diferencian entre elemento esencial según el criterio de Arnon y elemento funcional que es aquel que funciona de alguna manera precisa en el metabolismo, sea o no esencial. Por supuesto todo elemento esencial es también funcional, aunque a veces este aún oscuro su papel y la molécula funcional en que se incluye. Los elementos pueden funcionar: a) como constituyentes celulares; b) como enzimas o coenzimas; c) como antagonicos en el balance metabólico; d) como amortiguadores de pH, y e) como factores osmóticos. Por supuesto todo elemento tiene su papel metabólico específico.

**Nitrógeno (Factor de composición).**- Entra en la composición de la clorofila y el protoplasma vegetal, forma del 16 al 18% de las proteínas, los aminoácidos son sustancias intermedias en la formación de las proteínas. regula el crecimiento y formación del follaje, frenando asimismo los procesos de maduración.

**Fósforo (Factor de reproducción).**- Es un importante constituyente de las nucleoproteínas y a su vez participa en la división celular y en el crecimiento, el fósforo se localiza perfectamente en el núcleo de las células, especialmente en los frutos y semillas. Forma los fosfatos de hexosa y triosa, los ácidos nucleicos coenzimas y transportadores de energía. En general puede decirse que la energética celular depende del fósforo.

**Potasio (Factor de crecimiento).**- Parece estar adsorbido en las mitocondrias, formando parte de enzimas activas -

en la fosforilación oxidativa y tal vez en la síntesis proteica. Se sabe que los hidratos de carbono, de capital importancia en el metabolismo de las plantas solo pueden formarse con la presencia de potasio.

Calcio (Factor de neutralización).- Existe una relación bien definida entre la cantidad de calcio y la cantidad de nitrógeno que necesita una planta. Cuando ésta consume gran cantidad de nitrógeno, forma también gran cantidad de proteínas, lo cual entraña mayor producción de ácido oxálico y otros ácidos que a su vez requieren mayor cantidad de calcio para neutralizar el exceso de acidez, el calcio evita la toxicidad por exceso de sodio y de magnesio, aunque parcialmente puede ser sustituido por el estroncio. Se encuentra principalmente en la pared celular formando pectato de calcio que da rigidez a la célula, y su contenido aumenta con la edad; también es cofactor de muchas enzimas en la hidrólisis del ATP y fosfolípidos.

Azufre (Factor de asociación).- Es parte de las proteínas, pues es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, dando con otros, los elementos enlace que hacen a la molécula protéica tener una forma determinada. También se encuentra en la coenzima A.

Hierro (Factor catalítico).- Forma el núcleo del citocromo y al pasar de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$  induce la oxidorreducción al final del proceso de la respiración. Asimismo en la fotosíntesis forma parte de la ferredoxina.

Manganeso (Factor de resistencia).- Indica de modo desconocido en la síntesis de la clorofila, es cofactor para las deshidrogenasas, oxidasas y carboxilasas y se requiere para la evolución de oxígeno en la fotosíntesis.

Boro (Factor fijador del nitrógeno).- Es indispensable para el crecimiento vegetal, parece ayudar al proceso de fijación del nitrógeno, hay evidencias indirectas en el transporte de hidratos de carbono, en relación con la formación de

la pared celular.

Zinc (Factor catalítico).- Es un componente de las dehidrogenasas; se piensa que puede tener interrelación con la formación de reguladores de crecimiento, contribuye al proceso de fijación de nitrógeno.

Cobre (Factor catalítico).- Se necesita solo en trazas pero es por completo esencial porque forma parte de diversas enzimas, en especial la citocromo-oxidasa, que permite la oxidación respiratoria final.

Magnesio (Factor clorofílico).- Es absolutamente esencial, pues forma el núcleo de la clorofila; en almacenaje se encuentra como fitina y forma parte de las fosfotransferasas.

Carbono, Hidrógeno y Oxígeno.- entran en la composición de todos los elementos orgánicos de las plantas y en esta condición forman aproximadamente el 95 % de su materia seca. El Carbono procede del anhídrido carbónico del aire, siendo absorbido por las hojas. El Hidrógeno y el Oxígeno proceden en su mayor parte del agua, pero también el segundo es obtenido en cierta proporción del aire atmosférico.

Molibdeno.- Se acepta como esencial aunque bastan pequeñas cantidades; forma parte de la  $\text{NO}_3$  reductasa.

Sea cual fuere la importancia de una instalación hidropónica, desde la más sencilla e individual, hasta la gran empresa comercial, no habrá por que referirse a otros elementos que los enumerados anteriormente, de los elementos esenciales catorce se incluyen en las fórmulas de las soluciones nutritivas; el decimoquinto (carbono), procede del anhídrido carbónico del aire.

No todas las sales químicas son solubles en el agua, pero en hidroponía solo se utilizan sales solubles en agua.

Pasemos ahora a conocer la absorción de los nutrientes: Las sales no pueden entrar por mera difusión, pues como la membrana es semipermeable no permite, por definición, que la atraviesen los solutos, sino solo los solventes; si las

sales pudieran pasar a través de la membrana, atravesándola con el flujo de masa del agua, al cesar la absorción, saldrían de la célula, por la ley general de difusión, de la zona de mayor a la de menor concentración, ya que la vacuola es una solución mucho más concentrada que el suelo; se ha comprobado que las sales no entran en proporción al agua absorbida. Tanto las ideas sobre la entrada de las sustancias a la célula, como en especial la distribución en las células de la raíz hasta ser transportadas por el xilema han tenido que revisarse por el concepto de espacio libre aparente, por mucho tiempo se creyó que la célula era a manera de una gota de protoplasma, que formaba una capa continua; igualmente se creía que en algunos tejidos estaban las células tan juntas que no había lugar vacío entre dos de ellas contiguas. El microscopio electrónico ha mostrado que la membrana protoplásmica no es continua sino que tiene poros, que en realidad son la terminación de canalillos que atraviesan todo el citoplasma; se puede decir que el citoplasma es, hasta cierto punto, un sistema de membranas, ya que los canalillos se unen entre sí y parecen comunicar a la membrana celular con la membrana nuclear. El espacio libre de la célula se define como aquella parte a la que el solvente y los solutos de la solución externa llegan fácilmente, a diferencia del volumen osmótico, a donde solo llega el solvente. Espacio libre aparente es la cantidad estimada de espacio libre.

Bajo este concepto puede pensarse que los solutos pueden llegar al interior de la célula, pero de cualquier modo, para pasar al protoplasma y ser asimilados deberán atravesar la membrana. Al hablar de la absorción de nutrientes debe distinguirse, desde luego, entre absorción de moléculas y absorción de iones, pero eventualmente puede absorber moléculas sea por la hoja o por la raíz. La absorción molecular es importante en la aplicación de ciertos fertilizantes. Las moléculas entran a la célula de acuerdo con su solubilidad en las

grasas, siendo las más liposolubles las que entran con mayor facilidad, el tamaño de la molécula, que hasta cierto punto se correlaciona con el peso molecular, tiene también efectos en la penetración; las moléculas muy grandes tienen muy poca probabilidad de entrar a la célula, pero aún en las moléculas chicas la mayor penetración la tienen las más pequeñas, en igualdad de coeficiente de partición.

Las sales minerales que sirven a la planta como nutrientes inorgánicos para construir sus moléculas de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, etc., son tomadas del suelo en forma ionizada; la entrada de iones es, pues, de primordial importancia metabólica y de gran interés fisiológico.

La absorción iónica está gobernada en general por el equilibrio de Donnan, que toma en cuenta el efecto de los iones no difusibles.

En general se postulan tres alternativas respecto al mecanismo de absorción iónica:

- 1) Electroendosmosis (Giese) o intercambio a nivel de la membrana de cationes + y aniones - de la solución por  $H^+$  y  $e^-$  procedentes de la respiración.
- 2) Transportadores enzimáticos que llevan los  $e^-$  y  $H^+$  que pasan de una a otra molécula y que formarían un puente de la vacuola a la membrana donde se intercambiarían  $e^-$  por aniones y  $H^+$  por cationes, regresando los aniones y cationes de la misma manera para acumularse en la vacuola. Los transportadores también podrían moverse a través del protoplasma con los aniones y cationes, a manera de pasar. El prototipo de esta teoría es la de Lundegardh (1954) la cual postula al citocromo como transportador con su capacidad de pasar el núcleo de  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  otros han postulado una molécula con Mg.
- 3) Portadores no enzimáticos que podrían ligarse y desligarse de los iones y que proveen la energía necesaria para el proceso del ATP. Price afirma que éste mecanismo se ha identificado, pues los inhibidores de la fosforilación



oxidativa (respiración) o de la fosforilación (fotosíntesis) inhiben también la absorción iónica. Con energía del ATP o sin ella, la absorción parece ajustarse mejor a las alternativas que postulan transportadores, pues así se esta de acuerdo con la cinética del proceso que obedece al tipo enzimático, siguiendo el modelo de Michaelis-Menten.

Relaciones de transporte a concentración.- La velocidad de absorción se incrementa característicamente con la concentración hasta que alcanza una velocidad limitada y el sistema de transporte se vuelve esencialmente saturado. Esta saturación del mecanismo, resultando en una velocidad máxima, es por si misma una indicación de un proceso activo de velocidad limitada, ya que la captación pasiva no debería comportarse en esta forma.

La operación de un mecanismo dual de absorción es sugerida por una o mas inflexiones en la isoterma de concentración. Para un cierto número de tejidos y de iones la velocidad de absorción a bajas concentraciones se endereza a concentraciones de 0.1 a 0.2 mM y mantiene un plateau hasta concentraciones de 1 a 2 mM. Un segundo plateau es alcanzado a concentraciones mucho mas elevadas (10-50mM). Se ha interpretado que éste y otros descubrimientos demuestran que existen dos mecanismos de absorción operando para un ion determinado, uno que es saturado a bajas concentraciones y otro que es funcional únicamente a concentraciones elevadas. Laties (1969) ha revisado la evidencia con respecto a los mecanismos duales y ha concluido que el sistema de baja concentración funciona en el plasmalema y que el sistema de alta concentración funciona en el tonoplasto. Sin embargo, otra evidencia sugiere que los dos sistemas operan en paralelo en el plasmalema. En lo que se refiere a los micronutrientes, probablemente el sistema de baja concentración es el mas importante, ya que los requerimientos para estos nutrientes son bajos. Sin embargo aparentemente funciona un mecanismo de alta concentración para los micronutrientes.

## Matemáticas para la Solución Nutritiva . (19,20)

Para desarrollar con éxito el cultivo hidropónico es útil el conocimiento de algunos principios fundamentales de química. Al establecer las fórmulas químicas se adopta una medida tipo de la cantidad de cada sal u otra sustancia existente en la solución. Para ello se emplea la llamada solución molar. Una solución molar se prepara disolviendo en agua el peso molecular en gramos del compuesto y diluyendo la solución hasta completar un litro.

El peso molecular de una sustancia expresado en gramos se llama mol. Por ejemplo para obtener la solución molar de nitrato de potasio puro ( $\text{NO}_3\text{K}$ ), debemos conocer su peso molecular:

$$\text{K NO}_3 = \text{N O O O K} = 14+16+16+16+39 = 101$$

Por lo tanto si disolvemos 101 gramos de nitrato de potasio puro (o lo que es lo mismo, un mol de esta sal) en una pequeña cantidad de agua, y después añadimos el agua necesaria para completar un litro, habremos obtenido la solución molar de nitrato de potasio. Esta solución es demasiado fuerte para las plantas, y por ello se diluye al milésimo (1:1000), obteniéndose así la solución milimolar. Disolviendo un mol (101 gramos) de nitrato de potasio en 1000 litros de agua resulta la solución milimolar de esta sal.

Para formular la solución nutritiva se determinan los gramos de cada sal y las partes por millón de cada elemento necesarios, para cumplir con la fórmula; a continuación se da un ejemplo:

Supongamos que queremos cubrir un requerimiento de 280 ppm de K en 152 litros de solución nutritiva, si partimos del Nitrato de Potasio tenemos su peso molecular expresado en gramos = 101 gr. de los cuales 39 gr. pertenecen al K, por otro lado se necesitan 280 mg de K en un litro de solución para tener las 280 ppm, por lo que para 152 litros se requieren 42560mg -

de K o sean 110 gr. de  $KNO_3$  si la sal empleada fuera 100% pura y en base seca.

### pH de la Solución Nutritiva . (19,20)

El punto intermedio a considerar, es en el grado de acidez o alcalinidad que deben poseer las soluciones nutritivas para satisfacer las exigencias de las diversas especies de plantas.

Está comprobado que la acidez o alcalinidad de la solución empleada tiene gran influencia en los resultados y que si bien al adoptar una fórmula se sobreentiende que prácticamente queda asegurado el punto aproximado de acidez o alcalinidad mas conveniente, las soluciones con pH menor que 4 o mayor que 9 no deben emplearse para la producción vegetal. La variabilidad del pH esta determinada por los elementos químicos compuestos que figuran o integran las fórmulas.

Cuando se ha comprobado que una solución contiene un pH muy básico, puede obtenerse el punto deseado agregando unas gotas de cualquiera de estos ácidos: sulfúrico, fosfórico, nítrico o cítrico, preferentemente diluidos en solución décimo o vigésimo normal. Por el contrario, para disminuir el exceso de ácido en la solución, se incorpora a ésta una solución que puede ser de carbonato de sodio o de hidróxido de sodio. La mayoría de las plantas prefieren cierto grado muy atenuado de acidez; muy pocas toleran la alcalinidad; generalmente el óptimo es de pH 6.5 a pH 7.0 .

### Factores en el manejo y preparación de la solución nutritiva. (19,20)

- 1\* La concentración, cualquiera sea la formula adoptada, no debe ser mayor, globalmente, de 3 gr, por cien de agua, con rango óptimo de 1.8 a 2.0 por cien.
- 2\* La acidez conviene mantenerla en el pH ya estudiado.

- 3\* Al adoptar determinada fórmula o realizarse en ellas las variantes que cada uno crea oportuno, ha de tenerse en cuenta la necesidad de que figuren siempre los elementos ya enumerados, en particular los esenciales.
- 4\* Para preparar la solución nutritiva, agreguense en el siguiente orden los nutrientes: Hierro y Acido, Sales principales y, Oligoelementos.

Deficiencias de elementos nutritivos de las soluciones (19,20)

En el cultivo con soluciones nutritivas se observan los mismos síntomas que en los cultivos en tierra cuando ellos son originados en la calidad y cantidad de los elementos químicos. Pero la diferencia fundamental es que al cultivar en soluciones hidropónicas se pueden utilizar medidas correctivas que obran sobre las plantas mucho más rápidamente que en los cultivos en tierra, de tal modo que, por ejemplo, cuando varían súbitamente las condiciones del tiempo, se puede reajustar la solución casi instantáneamente, mientras que en el cultivo en tierra el proceso es mucho más costoso y puede requerir varias semanas para dar resultado. De ahí la importancia de los datos que ofrecemos a continuación.

Claves de Síntomas de Deficiencia: (20)

Esta clave se debe a L. C. Chadwick, de la Universidad del Estado de Ohio. Se supone que las plantas muestran un desarrollo imperfecto, general en toda la planta y localizado, y que no son imputables a microbios, insectos ni otros parásitos.

I) Los efectos se manifiestan en toda la planta o están localizados en las hojas viejas (inferiores).

A. Los efectos se manifiestan en toda la planta, aunque con frecuencia se da a conocer por amarillez y muerte de las hojas viejas.

1) Follaje verde claro. Planta desmedrada, tallos delgados y muy pocas ramificaciones. Hojas pequeñas; las inferiores de color amarillo más

claro que las superiores. La amarillez va seguida de desecación con color castaño claro, generalmente con poca caída de hojas.

Deficiencia de Nitrógeno.

- 2) Follaje verde obscuro. Crecimiento retardado. A veces, las hojas inferiores amarillean entre los nervios, pero con mayor frecuencia toman una coloración purpúrea en el peciolo. Las hojas se caen pronto.

Deficiencia de Fósforo.

B. Los efectos se manifiestan generalmente en las hojas más viejas (inferiores).

- 1) Hojas inferiores moteadas, generalmente con muchas manchas necróticas cerca de la punta y de los márgenes. La amarillez empieza en los márgenes y continúa hacia el centro. Más tarde, los márgenes toman color castaño y se encorvan hacia el envés y las hojas viejas se caen.

Deficiencia de Potasio.

- 2) Las hojas inferiores manifiestan clorosis (amarillez), pero no presentan manchas hasta las últimas fases. La clorosis empieza en la punta de las hojas y se extiende hacia abajo y hacia el interior, a lo largo de los bordes y entre los nervios. Los márgenes de las hojas pueden curvarse hacia arriba o dar a la hoja aspecto arrugado.

Deficiencia de Magnesio.

II) Los efectos están localizados en las hojas nuevas.

A. La yema terminal permanece viva.

- 1) Las hojas muestran clorosis (amarillez) entre los nervios; éstos permanecen verdes.
  - a) Generalmente no hay manchas necróticas. En los casos extremos se secan los márgenes de

las hojas y éstas se caen de las ramas.

Deficiencia de Hierro.

- b) Generalmente hay manchas necróticas, esparcidas sobre la superficie de las hojas. Aspecto escamado producido por los pequeños nervios que permanecen verdes. Caída de las hojas. Las hojas jóvenes se quedan descoloridas. Floración deficiente y crecimiento débil.

Deficiencia de Manganeso.

- 2) Hojas verdes claro, con los nervios más claros que la superficie adyacente. Aparición de algunas manchas necróticas. Poca o ninguna desecación de las hojas viejas.

Deficiencia de Azufre.

B. La yema terminal muere.

- 1) Alteraciones de las hojas jóvenes en la punta y en los márgenes. Las hojas jóvenes quedan a veces definitivamente retorcidas en la punta.

Deficiencia de Calcio.

- 2) Alteraciones de las hojas jóvenes en la base.

Tallos y peciolo quebradizos.

Deficiencia de Boro.

Se observará que la forma en que está establecida esta clave requiere tan solo distinguir entre dos síntomas fácilmente apreciables y así conduce fácilmente a la averiguación de la deficiencia.

VIII-DESARROLLO EXPERIMENTAL.Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico como blanco .

- 1.- Se desarrolla cultivo individual en todo el módulo, manteniendo las condiciones ambientales constantes a lo largo del ciclo y de acuerdo a lo especificado en la tabla A.
- 2.- Se ajusta el medio ambiente interno del módulo, conforme el cultivo a desarrollar.
- 3.- Se ajusta y se pone a funcionar el equipo de control semi automático para el medio ambiente interno del módulo.
- 4.- Por una hora se sumerge en agua la semilla a emplear.
- 5.- Se escurre la semilla y se coloca en las charolas experimentales, el espesor de la cama de siembra es de un centímetro de semilla a todo lo largo y ancho de cada charola.
- 6.- Se colocan las charolas experimentales en el interior del módulo.
- 7.- Se cierra el módulo y a lo largo del ciclo cada seis horas se asperja agua solamente, antes de cada nueva asperción se retira el agua escurrida y se desecha; las condiciones de asperción se especifican en la tabla B
- 8.- Al cabo de ocho días se cosecha y se efectúan las observaciones pertinentes que se reportan en el capítulo correspondiente a resultados.

Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico como testigo.

- 1.- Se desarrolla cultivo individual en todo el módulo, manteniendo las condiciones ambientales constantes a lo largo del ciclo y de acuerdo a lo especificado en la tabla A.
- 2.- Se ajusta el medio ambiente interno del módulo, conforme el cultivo a desarrollar.

- 3.- Se ajusta y se pone a funcionar el equipo de control semi-automático para el medio ambiente interno del módulo.
- 4.- Por una hora se sumerge en agua la semilla a emplear.
- 5.- Se escurre la semilla y se coloca en las charolas experimentales, el espesor de la cama de siembra es de un centímetro de semilla a todo lo largo y ancho de cada charola.
- 6.- Se colocan las charolas experimentales en el interior del módulo.
- 7.- Se cierra el módulo y a lo largo del ciclo, cada seis horas se asperja solución nutritiva (tabla C), antes de cada nueva aspersión se retira la solución nutritiva escurrida y se desecha, las condiciones de aspersión se especifican en la tabla B.
- 8.- Al cabo de ocho días se cosecha y se efectúan las observaciones pertinentes que se reportan en el capítulo correspondiente a resultados.

Pasos seguidos en el desarrollo del proceso básico para  
estimar el óptimo espesor de la cama de siembra.

- 1.- Se desarrolla cultivo individual en todo el módulo, manteniendo las condiciones ambientales constantes a lo largo del ciclo y de acuerdo a lo especificado en la tabla A.
- 2.- Se ajusta el medio ambiente interno del módulo, conforme el cultivo a desarrollar
- 3.- Se ajusta y se pone a funcionar el equipo de control semi-automático para el medio ambiente interno del módulo.
- 4.- Por una hora se sumerge en agua la semilla a emplear.
- 5.- Se escurre la semilla y se coloca en las charolas experimentales modificadas, el espesor de la cama de siembra es un gradiente de 0.5 cm a 4.0 cm a lo largo de la charola tabla D.



- 6.- Se colocan las charolas experimentales en el interior del módulo.
- 7.- Se cierra el módulo y a lo largo del ciclo, cada seis horas se asperja solución nutritiva (tabla C), antes de cada nueva asperción se retira la solución nutritiva que escurreó y se desecha, las condiciones de asperción se especifican en la tabla B.
- 8.- Al cabo de ocho días se cosecha y se efectúan las observaciones pertinentes que se reportan en el capítulo correspondiente a resultados.

Pasos seguidos en el desarrollo: Sistema Básico para la Producción de Forraje Fresco por Hidroponía.

- 1.- Se desarrolla cultivo individual en todo el módulo, manteniendo las condiciones ambientales preestablecidas, constantes, a lo largo del ciclo y de acuerdo a lo especificado en la Tabla A.
- 2.- Se ajusta el medio ambiente interno del módulo, conforme el cultivo a desarrollar.
- 3.- Se ajusta y se pone a funcionar el equipo de control semi automático para el medio ambiente interno del módulo.
- 4.- Por una hora se sumerge en agua la semilla a emplear.
- 5.- Se escurre la semilla y se coloca en las charolas de producción, el espesor de la cama de siembra es de acuerdo a los resultados estimados del óptimo espesor de la cama de siembra para cada cultivo.
- 6.- Se colocan las charolas experimentales de producción en el interior del módulo.
- 7.- Se cierra el módulo y a lo largo del ciclo, cada seis horas se asperja solución nutritiva (Tabla C), antes de cada

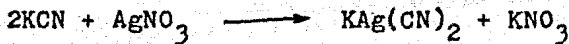
nueva asperción se retira la solución nutritiva que escurrió y se desecha, las condiciones de asperción se especifican en la Tabla B.

8.- Al cabo de ocho días se cosecha y se efectúan las observaciones pertinentes que se reportan en el capítulo correspondiente a resultados.

#### DETERMINACION DE ACIDO CIANHIDRICO POR EL METODO DE LIEBIG.

Como el forraje fresco por hidroponía, es un forraje muy tierno, el estar trabajando con sorgo (variedad C 800 de Carnation) nos condujo a una prueba preliminar sobre la identificación de ácido cianhídrico en el forraje fresco obtenido de sorgo en el proceso designado como blanco. La respuesta a la identificación fue positiva por lo que inmediatamente descartamos la idea de continuar trabajando con sorgo en éste trabajo.

Determinación: Si se agrega una solución de nitrato de plata a una solución de un cianuro, no tiene lugar la formación de cianuro de plata en tanto exista un exceso de iones cianuro debido a la formación de un complejo soluble de acuerdo con la reacción:



Solo cuando se ha adicionado suficiente cantidad de nitrato de plata para transformar todo el cianuro en cianuro doble, un ligero exceso de iones plata formarán con aquel un precipitado de cianuro de plata:



En la titulación de cianuros por este método, la formación del precipitado indica el punto final. (Ref. Bibl. 32).

TABLA A

Condiciones preestablecidas para el medio ambiente interno del módulo, en relación al cultivo a desarrollar.

Cultivo:	*	Temp. C **	H.R.A.**	Luz artificial * *
Avena var. Cuauhtemoc		26	80%	24 hrs/día 8.0 U.M.
Cebada var. Tlaxcala		20	80	24 8.0
Garbanzo		26	80	24 8.0
Maíz H-129		26	80	24 8.0
Trigo var. Toluca		24	80	24 8.0
Triticale var. Yoreme 75		24	80	24 8.0

\* En todo el estudio, se emplean semillas certificadas de la Productora Nacional de Semillas, SARH.

\*\*Se contempla el Grado de Variabilidad que puede ser Tolerado.

TABLA B

Condiciones de Aspercion

Cultivo:	Presion previa	Tiempo de asp.	Cantidad asperjada
Avena	2 Bars	45seg/kgsemilla/ riego.	375ml./kgsemilla/ riego.
Cebada	2	45	375
Garbanzo	2	45	375
Maíz	2	45	375
Trigo	2	45	375
Triticale	2	45	375

\* 4 riegos por día = 1500 ml. asperjados por kg. de semilla.

\* 8 días por ciclo = 12000ml. asperjados por kg. de semilla.

TABLA C : Formula y composición adoptada para la solución nutritiva. (19,20,21,23,24)

Formula:	Elemento	radio			
	N	P	K	Ca	Mg
p.p.m.	130	40	280	280	50

Composición: (para 181.44 litros)

Sulfato de Amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	28.35	gr.
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4$	97.52	
Nitrato de Potasio	$\text{KNO}_3$	138.34	
Superfosfato de Calcio	$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$	121.33	
Sulfato de Calcio	$\text{CaSO}_4$	114.81	
Sulfato Ferroso	$\text{FeSO}_4$	3.54	
Sulfato de Magnesio	$\text{MnSO}_4$	1.28	
Acido Bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	1.28	
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4$	0.128	
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4$	0.128	




La mezcla de los componentes se realiza en seco primero el Sulfato de Amonio, el Sulfato de Magnesio y el Nitrato de Potasio, cuando se encuentran bien mezclados entre si, se agrega gradualmente el Superfosfato de Calcio y el Sulfato de Calcio, cuando nuevamente se encuentra homogénea la mezcla se comienza a agregar los elementos traza en forma gradual vigorosamente se mezclan hasta una total uniformidad.

Al emplear esta formula en la solución nutritiva se toman 28.35 gr. de la mezcla final y se disuelven en 37.850 litros de agua, ajustando el pH a 6.7 si fuese necesario.

Esta formula es empleada en los cultivos desarrollados: Avena (Cuauhtemoc), Cebada (Tlaxcala), Garbanzo, Maíz (H-129), Trigo (Toluca), Triticale (Yoreme 75).

TABLA D

Espesor de la cama de siembra y volumen de siembra.

Proceso básico:	Tipo de charola:	Forma de la charola:
Blanco:	experimental	
Testigo:	experimental	
Optimo espesor en cama de siembra:	experimental modificada	
Producción de forraje:	Vease Tabla en Resultados	

Cultivo:	Charola experimental:		Charola exp. modificada:	
	Vol. siembra	gr. semilla	Vol. siembra	gr. semilla
Avena	378.0 cm <sup>3</sup>	116.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	560.5 gr.
Cebada	378.0 cm <sup>3</sup>	87.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	420.0 gr.
Garbanzo	378.0 cm <sup>3</sup>	296.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	1423.0 gr.
Maíz	378.0 cm <sup>3</sup>	243.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	1169.5 gr.
Trigo	378.0 cm <sup>3</sup>	205.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	989.0 gr.
Triticale	378.0 cm <sup>3</sup>	236.0 gr.	1820.0 cm <sup>3</sup>	1136.0 gr.

Análisis Inmediato De Los Alimentos. (27) Bromatológico).

Este sistema de análisis divide a los alimentos en seis fracciones, tal como se expone a continuación:

*Composición de las diferentes fracciones del análisis inmediato de los alimentos*

<i>Fración</i>	<i>Componentes</i>
Humedad .....	Agua (y ácidos volátiles y bases, si existen).
Cenizas .....	Elementos { Mayores: Ca, K, Mg, Na, S, P, Cl. esenciales } Traza: Fe, Mn, Cu, Co, I, Zn, Mo, Se, Cr. Elementos no esenciales: Si, Ni, Ti, Al, V, B, Pb, Sn.
Proteína bruta .....	Proteínas, aminoácidos, aminas, nitratos, glucósidos nitrogenados, glucolípidos, vitaminas B, ácidos nucleicos.
Extracto etéreo .....	Grasas, aceites, ceras, ácidos orgánicos, pigmentos, esteroides, vitaminas A, D, E, K.
Fibra bruta .....	Celulosa, hemicelulosas, lignina.
Extractivos libres de nitrógeno.	Celulosa, hemicelulosas, lignina, azúcares, fructosanas, almidón, pectinas, ácidos orgánicos, resinas, taninos, pigmentos, vitaminas hidrosolubles.

El contenido de humedad se determina como el tanto por ciento de peso que pierde una cantidad conocida de alimento cuando se deseca hasta peso constante. Este método es satisfactorio para la mayoría de los alimentos, pero hay algunos que con el ensilaje, por ejemplo, pueden perder cantidades considerables de material volátil.

Las cenizas se determinan por combustión de un peso conocido hasta que todo el carbono ha desaparecido. Lo que queda son las cenizas, y se considera que corresponden a los componentes inorgánicos del alimento. Las cenizas pueden sin embargo, contener material de origen orgánico, tal como azufre y fósforo de las proteínas, mientras que durante la combustión puede desaparecer material volátil en forma de sodio, cloro, potasio, fósforo y azufre. Por lo tanto, el contenido en cenizas no representa en realidad, ni cuantitativa ni cualitativamente, el material inorgánico del alimento.

Las proteínas se calculan a partir del contenido en nitrógeno, determinado mediante una modificación de la técnica de Kjeldahl, de digestión con ácido sulfúrico, con este método se digiere el alimento con ácido, el cual convierte en amoniaco todo el nitrógeno existente, excepto el que está formando parte de nitritos y nitratos. Para liberar el amoniaco se adiciona al producto de la digestión Hidróxido de sodio, se destila y se fija con un ácido standard, valorando despues por titulación. Partiendo de la base de que este nitrógeno procede de proteínas que contienen el 16% de este elemento, la cifra de nitrógeno obtenida se multiplica por 100/16 o por 6.25, con lo que se obtiene la cantidad aproximada de proteínas. Esta cifra no corresponde a las "verdaderas proteínas", pues el nitrógeno determinado por este método procede también de otras fuentes, por lo que se denomina a la fracción "proteína bruta".

El extracto etereo se determina sometiendo al alimento a extracción continua con eter de petroleo durante un periodo determinado. El residuo que queda despues de la evaporación del disolvente es el extracto etereo; pero este extracto ademas de la grasa, contiene ceras, ácidos orgánicos, alcohol y pigmentos vegetales, por lo que es incorrecto asignar a la fracción el nombre de "oleosa" o grasa.

Los hidratos de carbono existentes en el alimento están contenidos en dos fracciones: la fibra bruta y el extractivo libre de nitrógeno. La primera se determina sobre el residuo que quedó despues de la extracción con eter, al que se somete a la acción sucesiva de un ácido hirviendo y de un álcali de concentración determinada: el residuo orgánico es la fibra bruta. Sumando los porcentajes de humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etereo y fibra bruta y restando el total de 100, la cifra que resulta corresponde al extractivo libre de nitrógeno (ELN). La fracción de fibra bruta contiene celulosa, lignina y hemicelulosa, pero no necesariamente la totali-

dad de los contenidos en el alimento; una proporción variable de ellos forma parte del extractivo libre de nitrógeno, proporción que varía de acuerdo con la especie y estado de crecimiento del material vegetal. La complejidad de la fracción del extractivo libre de nitrógeno queda bien señalado en la tabla anterior, que nos muestra la diversidad de sustancias que la constituyen. En un principio se creyó que la fibra bruta daba una medida de la parte no digerible del alimento, pero en realidad gran parte de ella puede ser digerida por los ruminantes a pesar de ello la cifra tiene valor debido a que guarda relación con la digestibilidad del alimento.

El análisis inmediato sigue empleándose como un método habitual de análisis, pues, aunque no es adecuado como medida de la composición química, proporciona una información útil sobre el valor nutritivo de los alimentos en general. Hay muchos laboratorios, que completan los datos obtenidos mediante el análisis inmediato con análisis más detallados llevados a cabo siguiendo técnicas modernas."



DESCRIPCION DEL METODO SEGUIDO EN EL ANALISIS BROMATOLOGICO  
REALIZADO EN EL FORRAJE OBTENIDO Y EN LA SEMILLA EMPLEADA.

(18,26)

I. Agua (Humedad).

- 1.- Pesar: exactamente 25 g si es seco; 100 a 200 g si es succulento, (semilla : forraje, respectivamente). Si es seco: pesado y luego molido. Si es succulento: pesado, picado, desecado al sol.
- 2.- Etiquetar y anotar la cantidad tomada.
- 3.- Desecar en el horno durante 24 horas a 110-100°C.
- 4.- Enfriar en el desecador y pesar a la temperatura del laboratorio.
- 5.- Repetir la operación hasta pesada constante.
- 6.- Cálculo: la diferencia entre en el peso original y en el peso constante, corresponde a la cantidad de agua en la muestra.
- 7.- Expresar el resultado centesimalmente y por diferencia, calcular el porcentaje de materia seca (M.S.).

II. Cenizas (Sales minerales).

- 1.- Pesar un gramo de M.S. molida.
- 2.- Ponerlo en un crisol de porcelana tarado, numerado y a peso constante. (Se mete el crisol a la mufla y se deja secar. Se enfria en la campana de desecación.)
- 3.- Calcinar en la mufla a 600°C por media hora
- 4.- Pesar y destarar el peso del crisol, igual a cenizas de 1 g.
- 5.- Cálculo: multiplicar el peso de las cenizas encontradas en un gramo de materia seca por el porcentaje de M.S. de la muestra, igual al contenido de cenizas.

III. Grasa Cruda (Extracto etereo).

- 1.- Pese en la balanza analítica el cartucho limpio y seco (secado en la estufa a 100°C). Anote el peso.

- 2.- Deposite dentro del cartucho de 5 a 10 g. de muestra seca. Anote el peso.
- 3.- Depositar dentro del cartucho un algodón previamente te desengrasado con eter.
- 4.- Poner a peso constante el matraz.
- 5.- Coloque el cartucho que contiene la muestra dentro del extractor del aparato.
- 6.- Añada suficiente eter de petroleo.
- 7.- Monte el aparato.
- 8.- Inicie el calentamiento hasta que se obtenga un goteo continuo.
- 9.- Continuar el calentamiento hasta que la extracción sea completa (aproximadamente de 4 a 8 horas) según la cantidad teórica de lípidos de la muestra.
- 10- Una vez terminada la extracción, parar el calentamiento.
- 11- Separe el matraz, el extractor y el condensador y retirar el cartucho por medio de unas pinzas de crisol cortas, quitar el algodón si no fue previamente pesado.
- 12- Poner el cartucho a secar a temperatura ambiente, durante cinco minutos y despues llevarlo a la estufa a 100°C durante una hora o hasta peso constante.
- 13- Enfriar al aire, pasar al desecador y esperar a que adquiera la temperatura ambiente.
- 14- Pesar y anotar el peso exacto.
- 15- El matraz se vuelve a calentar con el fin de recuperar el solvente, evitando que se haga sifón.
- 16- Una vez eliminado el solvente del matraz; secar éste a 80°C hasta peso constante.
- 17- Determinar el porcentaje de grasa en la muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa cruda} = 100 \times \frac{(C + M_i) - (C + M_g)}{(C + M_i) - C}$$

Donde: C = Peso del cartucho.

C + Mi = Peso del cartucho con la muestra sin de  
sengrasar.

C + Mg = Peso del cartucho con la muestra desen-  
grasada.

#### IV. Fibra Cruda.

- 1.- Transferir el residuo de la determinación de extrac-  
to etereo en la siguiente forma:
  - a) Pesar el cartucho de celulosa con su contenido.
  - b) Vaciar su contenido en un vaso Berzelius de 600ml
  - c) Pesar el cartucho de celulosa vacío.
- 2.- Adicionar aproximadamente 0.5 g, de asbesto.
- 3.- Adicionar 200 ml. de solución de ácido sulfúrico -  
0.25 N hirviendo.
- 4.- Inmediatamente despues conectar el vaso al digestor  
de fibra cruda con las parrillas previamente calen-  
tadas.
- 5.- Hervir vigorosamente durante 30 minutos agitando  
constantemente.
- 6.- Transcurridos los 30 minutos retirar el vaso.
- 7.- Filtrar con vacío a traves de filtro de lino.
- 8.- Lavar no menos de 3 veces con agua hirviendo enjua-  
gando previamente el vaso.
- 9.- Desprender la muestra del filtro con 200 ml. de solu-  
ción hirviendo de NaOH 0.31 N con ayuda de una pipe-  
ta transfiriendola al vaso original.
- 10- Hervir a reflujo nuevamente por 30 minutos.
- 11- Filtrar con un papel filtro seco previamente pesado.
- 12- Lavar con agua hirviendo enjugando previamente el  
vaso, hasta que el agua de lavado no de reacción al-  
calina con fenoftaleína.
- 13- Desprender la muestra con el papel filtro con ayuda  
de una espátula y transferirla a un crisol de porce-  
lana.
- 14- Secar a 100-105°C durante toda la noche.
- 15- Enfriar en desecador y pesar.

- 16- Incinerar a 550-600°C durante dos horas.
- 17- Enfriar en desecador y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Gramos de fibra}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100.$$

Nota: Hacer no menos de dos repeticiones por muestra y restar el peso del papel filtro y sus cenizas.

#### V. Proteína Cruda.

- 1.- Pesar por diferencia de 1 a 1.5 g. de muestra en un papel copia.
- 2.- Introducir la muestra a un matraz Kjeldahl de 800ml.
- 3.- Adicionar 10g. de mezcla catalizadora.
- 4.- Adicionar 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado.
- 5.- Colocar el matraz con su contenido en la parrilla del digestor, calentar y poner a funcionar el digestor.
- 6.- Cuando la solución adquiriera la coloración verde - transparente, suspender el calentamiento y dejar enfriar.
- 7.- Adicionar lentamente y por las paredes del matraz de Kjeldahl 250 ml. de agua destilada antes de que el residuo digerido se solidifique.
- 8.- Por otro lado, colocar 65 ml. de ácido bórico con dos gotas de solución indicadora en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. y colocarlo bajo el refrigerante del destilado con el tubo y colector ligeramente sumergido dentro de la solución de ácido bórico.
- 9.- Inmediatamente despues adicionar lentamente por las paredes del matraz y manteniendo éste inclinado, - 110 ml. de solución de hidróxido de sodio 40%, de tal manera que se formen dos capas.
- 10- Adicionar al contenido delmatraz Kjeldahl aproximadamente 20 granallas de zinc o piedras de ebullición previamente tratadas con NaOH.

- 11- Conectar el matraz Kjeldahl al refrigerante del destilador, tapar perfectamente, iniciar el calentamiento.
- 12- Destilar aproximadamente unas dos terceras partes del contenido del matraz Kjeldahl o hasta que se hayan recolectado 250 ml. en el matraz Erlenmeyer.
- 13- Retirar el matraz Erlenmeyer antes de apagar la fuente de calor para evitar el sifón.
- 14- Titular el amoníaco recolectado con solución valorada de ácido Clorhídrico 0.1N o cercana a ésta.

• Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno total} = \frac{\text{ml. HCl} \times \text{NHCl} \times \text{milieq. de N}}{(100) \text{ gramos de muestra}}$$

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \% \text{ Nitrógeno total} \times \text{factor nitrógeno}$$

Nota: Hacer no menos de dos repeticiones por muestra.

#### VI. Extracto libre de Nitrógeno.

El extracto libre de nitrógeno (ELN) de un alimento se determina por diferencia después que se ha completado los análisis para cenizas, fibra cruda, extracto etéreo y proteína cruda. El extracto libre de nitrógeno es necesario para realizar el cálculo del total de nutrientes digestibles (TND).

Cálculo:

$$100 - (\% \text{ de ceniza} + \% \text{ de fibra cruda} + \% \text{ de extracto etéreo} + \% \text{ proteína}).$$

IX-RESULTADOS EXPERIMENTALES.

A continuación se describe en forma de tablas los resultados obtenidos al efectuar el desarrollo experimental propuesto; el desarrollo experimental propuesto tuvo una duración de 208 días, comprendiendo 26 pruebas distintas.

\* En el análisis bromatológico, todos los resultados son reportados en B.S.

En el proceso experimental designado como:

Blanco:

Las charolas son asperjadas con agua.  
Se prueba el módulo experimental.  
Se obtienen datos físicos.  
Se obtienen datos fisiológicos.  
Se obtienen datos bromatológicos.  
Se prueba el sistema propuesto.  
Se obtiene una base de comparación para el forraje fresco por hidroponía.

Testigo:

Las charolas son asperjadas con solución nutritiva.  
Se prueba el módulo experimental.  
Se prueba la solución nutritiva - propuesta.  
Se obtienen datos físicos.  
Se obtienen datos fisiológicos.  
Se obtiene la respuesta del forraje fresco cultivado a la solución nutritiva.

Óptimo espesor de la cama de siembra:

Las charolas son asperjadas con la solución nutritiva probada.  
Se prueba el módulo experimental.  
Se prueban gradientes de siembra - vertical.  
Se obtienen datos físicos.  
Se obtienen datos fisiológicos.  
Se obtiene el óptimo espesor de la cama de siembra.

Producción de forrajes frescos por hidroponía:

Las charolas son asperjadas con la solución nutritiva probada.  
Se prueba el módulo experimental.  
Se prueba el óptimo espesor obtenido.  
Se obtienen datos físicos.  
Se obtienen datos fisiológicos.  
Se obtienen datos bromatológicos.  
Se obtiene forraje fresco por hidroponía por el sistema básico propuesto.

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEMBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
AVENA	6.0 cm.	116.0 gr.	174.0 gr.	1.5

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una hoja en desarrollo, el mesocotilo verde en el eje de la planta, tres raíces embrionales en desarrollo, el grano hidratado casi completo, en general el aspecto de las plantas es normal y sin contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

AVENA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	89.8 %	12.5 %	10.5 %	70.1 %	4.4 %	2.5 %
FORRAJE	64.8 %	13.0 %	11.4 %	68.6 %	4.4 %	2.5 %

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
CEBADA	7.2 cm.	87.0 gr.	156.6 gr.	1.8

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra el coleoptilo verde, en el eje de la planta; una hoja en desarrollo; de 3 y 4 raíces embrionarias en desarrollo; el grano no está marchito y se nota entero. En general la planta se encuentra con un aspecto normal y sin contaminación alguna.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CEBADA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	GENIZAS
SEMILLA	90.0 %	12.1 %	5.1 %	77.8 %	2.2 %	2.8 %
FORRAJE	53.1 %	12.6 %	6.7 %	75.6 %	2.3 %	2.8 %



RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
GARBANZO	7.6 cm.	296.0 gr.	651.0 gr.	2.2

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una raíz principal con la región pilífera bien definida y en desarrollo, un tallo verde con cuatro hojas imparipinadas de cinco a siete folíolos por hoja, la germinación es hipogea y los cotiledones permanecen, en general el aspecto de las plantas es normal, en desarrollo y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

GARBANZO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	90.8 %	19.2 % B.S.	7.9 % B.S.	65.9 % B.S.	4.2 %	2.8 % B.S.
FORRAJE	48.4 %	20.1 % B.S.	9.2 % B.S.	63.7 % B.S.	4.2 %	2.8 % B.S.

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEMBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
MAÍZ	7.5 cm.	243.0 gr.	583.0 gr.	2.4

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, el coleoptilo verde en el eje de la planta, una hoja en desarrollo, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano hidratado, en general el aspecto de las plantas es normal y libre de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

MAÍZ	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	88.0 %	9.0 %	2.3 %	83.1 %	3.9 %	1.7 %
FORRAJE	46.7 %	9.9 %	3.9 %	80.4 %	4.0 %	1.8 %

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEMBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
TRIGO	7.2 cm.	205.0 gr.	389.5 gr.	1.9

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una primera hoja que ha comenzado a distenderse, el coleoptilo verde en el eje de la planta, - cuatro raíces primarias en desarrollo, el grano hidratado, en general el grano de la planta y la planta tienen un aspecto normal y libre de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

TRIGO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	89.5 %	13.2 %	5.4 %	75.4 %	3.1 %	2.9 %
FORRAJE	46.6 %	13.9 %	7.2 %	72.8 %	3.1 %	2.9 %

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
TRITICALE	7.5 cm.	236.0 gr.	472.0 gr.	2.0

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una primera hoja que ha comenzado a distenderse, el coleoptilo verde en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano hidratado, en general el aspecto de las plantas es normal y libre de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO

TRITICALE	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	90.4 %	18.6 %	3.4 %	73.8 %	2.2 %	2.0 %
FORRAJE	46.9 %	19.2 %	5.9 %	70.5 %	2.3 %	2.1 %

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
AVENA	21.4 cm.	116.0 gr.	801.0 gr.	6.9

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas bien formadas y una tercera en desarrollo, el mesocotilo en el eje de la planta, tres raíces embrionales en desarrollo, el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y sin contaminación alguna.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

AVENA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	89.8 %	12.5 %	10.5 %	70.1 %	4.4 %	2.5 %
FORRAJE						

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
CEBADA	21.6 cm.	87.0 gr.	609.0 gr.	7.0

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. El coleoptilo se desarrolló en el interior de la lemma y parece que emergiera desde el ápice del grano. Al cosechar se encuentra en cada planta; dos hojas bien formadas y una tercera a la mitad de su desarrollo; levemente se distingue el nudo de ahijamiento; de 6 a 8 raíces embrionarias en desarrollo el grano marchito, desprovisto de sus materias pero unido aún a la planta; el coleoptilo en el eje de la misma. En general el aspecto de las plantas es normal sin contaminación alguna, existe respuesta positiva a la aplicación de la solución nutritiva.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CEBADA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	90.0 %	12.1 %	5.1 %	77.8 %	2.2 %	2.8 %
FORRAJE						

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEMBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
GARBANZO	28.0 cm.	296.0 gr.	2042.5 gr.	6.9

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una raíz principal ramificada pivotante con su región pilifera bien definida y en desarrollo, un tallo verde con siete hojas imparipinadas, de cinco a nueve folíolos por hoja, la germinación es hipogea y los cotiledones permanecen, en general el aspecto de las plantas es normal, en desarrollo y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

GARBANZO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	90.8 %	19.2 %	7.9 %	65.9 %	4.2 %	2.8 %
FORRAJE						

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
MAÍZ	28.2 cm.	243.0 gr.	1749.5 gr.	7.2

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, el coleoptilo verde en el eje de la planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

MAIZ	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	88.0 %	9.0 %	2.3 %	83.1 %	3.9 %	1.7 %
FORRAJE						



RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEMBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
TRIGO	22.5 cm.	205.0 gr.	1497.0 gr.	7.3

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse, se distingue claramente el nudo de ahijamiento, el coleoptilo en el eje de la planta, cinco raíces primarias, el grano marchitándose. En general el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

TRIGO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	89.5 %	13.2 % ES	5.4 % ES	75.4 % ES	3.1 % ES	2.9 % ES
FORRAJE						

RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
TRITICALE	23.0 cm.	236.0 gr.	1770.0 gr.	7.5

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse, se distingue el nudo de ahijamiento el coleoptilo esta verde y en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y libre de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO

TRITICALE	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	90.4 %	18.6 % Bs	3.4 % Os	73.8 % Es	2.2 % E.	2.0 % F.
FORRAJE						

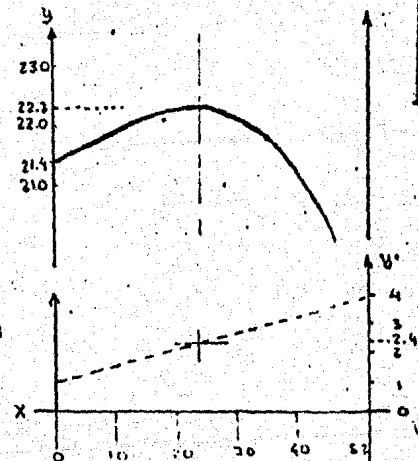
# RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

AVENA

MAXIMO TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
22.3 cm.	7.2	2.4 cm.
MINIMO TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMAÑO
6.6 cm.	1.8	

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con dos hojas formadas y una tercera en desarrollo, otras con una hoja formada y una segunda en desarrollo, otras con una hoja en desarrollo; tres raíces embrionarias, el mesocotilo verde y en el eje de la planta. En general las plantas se encuentran con un aspecto normal y libres de contaminación.



x siembra horizontal cm.  
 y' siembra vertical cm.  
 y tamaño de la planta al cosechar. cm.

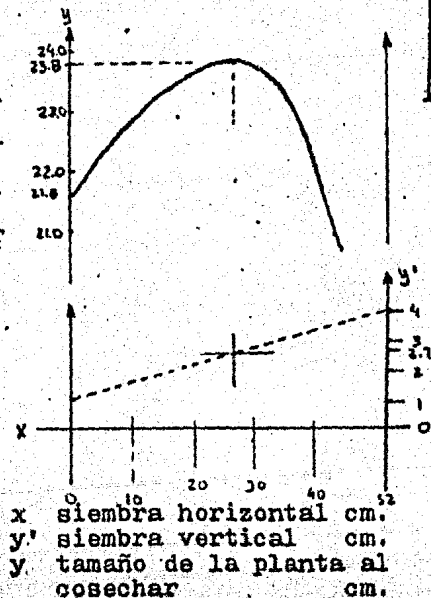
RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

CEBADA

MAXIMO TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
23.8 cm.	7.6	2.7 cm.
MINIMO TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMAÑO
7.5 cm.	2.0	

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con dos hojas bien formadas y una tercera a la mitad de su desarrollo, otras con una hoja bien formada y una segunda a la mitad de su desarrollo, otras con una sola hoja en desarrollo; de 4 a 8 raíces embrionarias, el coleoptilo en el eje de la planta. En general las plantas se encuentran con un aspecto normal y libres de contaminación.



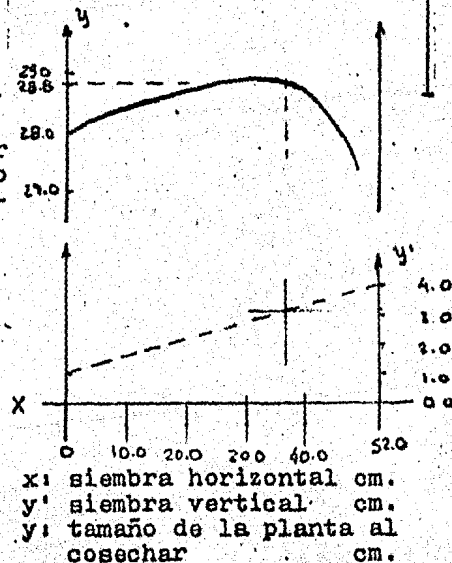
# RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

GARBANZO

MAXIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
28.8 cm.	7.2	3.2 cm.
MINIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMAÑO
8.2 cm.	3.1	

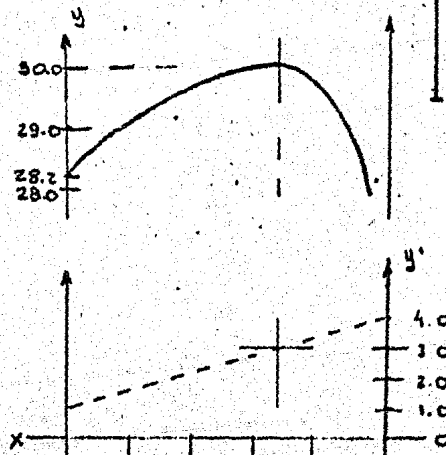
OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con cinco hojas, otras con siete, otras con cuatro hojas, todas imparipinadas, de cinco a nueve folíolos por hoja, una raíz principal ramificada pivotante con su región pilífera bien definida y en desarrollo, el tallo verde, la germinación es hipogea y los cotiledones permanecen, en general el aspecto de las plantas es normal, en desarrollo y libres de contaminación.



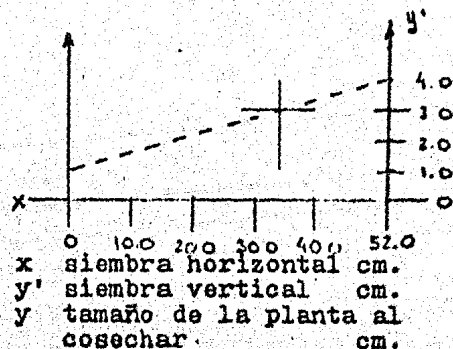
# RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

MAÍZ

MAXIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
30.0 cm.	7.9	3.0 cm.
MINIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMANO
8.2 cm.	3.2	

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con dos hojas en desarrollo y una tercera que comienza a distenderse, otras con una hoja en desarrollo y una segunda que comienza a distenderse, otras con una sola hoja que comienza a distenderse, el coleoptilo verde en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo en todas las plantas, en general el aspecto de las plantas es normal y libre de contaminación.



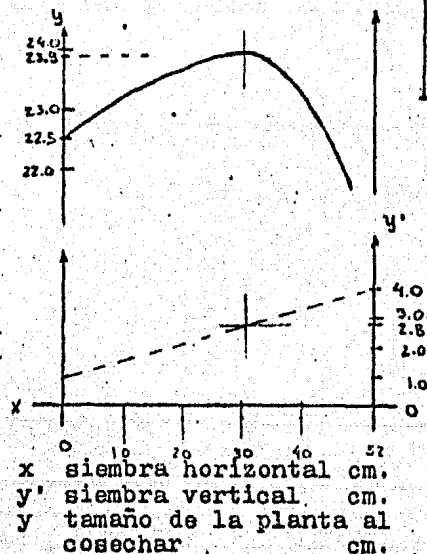
RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

TRIGO

MAXIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
23.9 cm.	7.4	2.8 cm.
MINIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMANO
7.6 cm.	2.1	

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con dos hojas en desarrollo y una tercera que comienza a distenderse, otras con una hoja en desarrollo y una segunda que comienza a distenderse, otras con una hoja que comienza a distenderse, el coleoptilo verde en el eje de la planta, cuatro raíces y cinco raíces primarias en desarrollo. En general las plantas se encuentran con un aspecto normal y libres de contaminación.



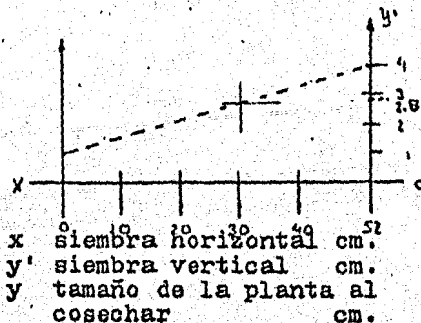
RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

CULTIVO:

TRITICALE ,

MAXIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MAXIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA
24.2 cm.	7.6	2.8 cm.
MINIMO TAMANO DE LA PLANTA AL COSECHAR	MINIMA CONVERSION COSECHA / SIEMBRA	GRAFICA DE COMPORTAMIENTO SIEMBRA / COSECHA-TAMANO
8.0 cm.	2.3	

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encontraron plantas con diferentes niveles de desarrollo el cual está relacionado con el gradiente de siembra, algunas plantas, con dos hojas en desarrollo y una tercera que comienza a distenderse, otras con una hoja en desarrollo y una segunda que comienza a distenderse, otras con una hoja que comienza a distenderse, el coleoptilo en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo. En general las plantas se encuentran con un aspecto normal y libres de contaminación.





RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
AVENA	22.1 cm.	278.0 gr.	1974.0 gr.	7.1

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta dos hojas bien formadas y una tercera en desarrollo, el mesocotilo en el eje de la planta, tres raíces embrionales en desarrollo, el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y sin contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO P O R HIDROPONIA

AVENA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	89.8 %	12.5 % B.S.	10.5 % B.S.	70.1 % B.S.	4.4 % B.S.	2.5 % B.S.
FORRAJE	16.3 %	20.0 % B.S.	20.3 % B.S.	51.2 % B.S.	4.6 % B.S.	3.9 % B.S.

RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO, POR HIDROPONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
CEBADA	23.7 cm.	235.0 gr.	1763.0 gr.	7.5

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. El coleoptilo se desarrolló en el interior de la lemma y parece que emergiera desde el ápice del grano. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas bien formadas y una tercera a la mitad de su desarrollo, levemente se distingue el nudo de ahijamiento; de 6 a 8 raíces embrionarias en desarrollo, el grano marchitándose, desprovisto de su materia pero unido a la planta; el coleoptilo en el eje de la planta. En general se observa que el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación alguna.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

CEBADA	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	90.0 %	12.1 %	5.1 %	77.8 %	2.2 %	2.8 %
FORRAJE	20.1 %	19.2 %	16.0 %	57.3 %	3.2 %	4.1 %

RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROTONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEBRAR	COSECHAR	
GARBANZO	28.6 cm.	946.0 gr.	6811.0 gr.	7.2

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, una raíz principal ramificada pivotante en desarrollo, un tallo verde con siete hojas imparipinadas, de cinco a nueve folíolos por hoja, germinación hipogea unidos los cotiledones en general el aspecto de las plantas es normal y en desarrollo, libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROTONIA

GARBANZO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	90.8 %	19.2 % BS	7.9 % BS	65.9 % BS	4.2 % CS	2.8 % CS
FORRAJE	22.3 %	25.3 % BS	14.1 % BS	53.1 % BS	4.1 % BS	3.4 % CS

RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
MAIZ	29.8 cm.	728.0 gr.	5678.5 gr.	7.8

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, el coleoptilo verde en el eje de la planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano marchitándose pero completo, en general el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

MAIZ	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	88.0 %	9.0 %	2.3 %	83.1 %	3.9 %	1.7 %
		BS	BS	BS	BS	BS
FORRAJE	28.8 %	16.0 %	12.3 %	64.5 %	4.4 %	2.8 %
		BS	BS	BS	BS	BS

RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA	PESO AL		CONVERSION
	AL COSECHAR	SEBRAR	COSECHAR	COSECHA/SIEMBRA
TRIGO	24.0 cm.	574.0 gr.	4247.5 gr.	7.4

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse, se distingue claramente el nudo de ahijamiento, el coleoptilo en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo, el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

TRIGO	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETEREO	CENIZAS
SEMILLA	89.5 %	13.2 %	5.4 %	75.4 %	3.1 %	2.9 %
FORRAJE	16.8 %	20.6 %	12.3 %	60.1 %	3.4 %	3.6 %

RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

CULTIVO:	TAMAÑO DE LA PLANTA AL COSECHAR	PESO AL		CONVERSION COSECHA/SIEMBRA
		SEMBRAR	COSECHAR	
TRITICALE	24.2 cm.	661.0 gr.	5023.0 gr.	7.6

OBSERVACIONES: Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos recopilados en el experimento. Al cosechar se encuentra en cada planta, dos hojas en desarrollo y una tercera comienza a distenderse, se distingue el nudo de ahijamiento el coleoptilo verde y en el eje de la planta, cinco raíces primarias en desarrollo el grano marchitándose, en general el aspecto de las plantas es normal y libres de contaminación.

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

TRITICALE	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	FIBRA CRUDA	EXTR LIBRE N	EXTR ETereo	CENIZAS
SEMILLA	90.4 %	18.6 % P <sub>2</sub>	3.4 % P <sub>5</sub>	73.8 % P <sub>5</sub>	2.2 % P <sub>2</sub>	2.0 % P <sub>2</sub>
FORRAJE	17.0 %	24.4 % P <sub>2</sub>	8.1 % P <sub>5</sub>	62.0 % P <sub>5</sub>	2.7 % P <sub>2</sub>	2.8 % P <sub>2</sub>

RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EXPRESADO EN GRAMOS POR KILOGRAMO DE FORRAJE OBTENIDO EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO Y EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA:

## CULTIVOS:

AVENA:	M.S.	P.C.	F.C.	E.L.N.	E.E.	C.
SEMILLA:	898.0	112.25	94.29	629.49	39.51	22.45
BLANCO:	648.0	84.24	73.87	444.52	28.51	16.20
HIDROPONIA:	163.0	32.60	33.08	83.45	7.49	6.35

## CEBADA:

SEMILLA:	900.0	108.90	45.90	700.20	19.80	25.20
BLANCO:	531.0	66.90	35.57	401.43	12.21	14.86
HIDROPONIA:	201.0	38.59	32.16	115.17	6.43	8.24

## GARBANZO:

SEMILLA:	908.0	174.33	71.73	598.37	38.13	25.42
BLANCO:	484.0	97.28	44.52	308.30	20.32	13.55
HIDROPONIA:	223.0	56.42	31.44	118.41	9.14	7.58

## MAIZ:

SEMILLA:	880.0	79.20	20.24	731.28	34.32	14.96
BLANCO:	467.0	46.23	18.21	375.46	18.68	8.40
HIDROPONIA:	288.0	46.08	35.42	185.76	12.67	8.06

## TRIGO:

SEMILLA:	895.0	118.14	48.33	674.83	27.74	25.95
BLANCO:	466.0	64.77	33.55	339.25	14.44	13.51
HIDROPONIA:	168.0	34.60	20.66	100.96	5.71	6.04

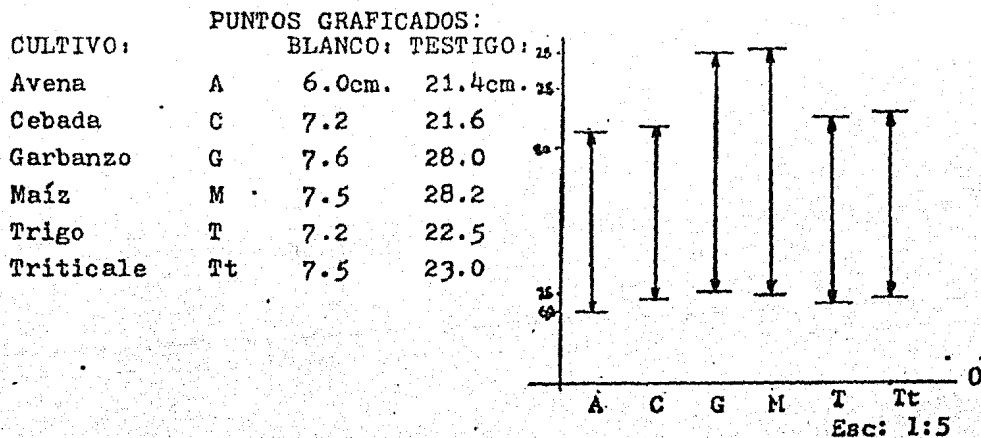
## TRITICALE:

SEMILLA:	904.0	168.14	30.73	667.15	19.88	18.08
BLANCO:	469.0	90.04	27.67	330.64	10.78	9.84
HIDROPONIA:	170.0	41.48	13.77	105.40	4.59	4.76

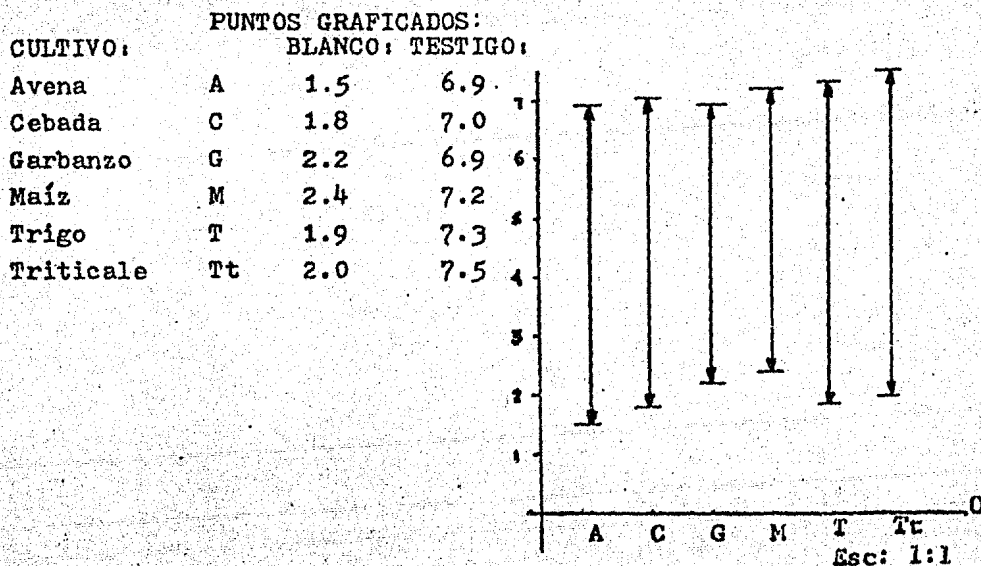
\* Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos obtenidos en el análisis bromatológico. B.S. (25)

DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO Y  
DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO.

COMPARACION ENTRE TAMAÑOS DE LAS PLANTAS AL COSECHAR:



COMPARACION ENTRE CONVERSIONES COSECHA/SIEMBRA:

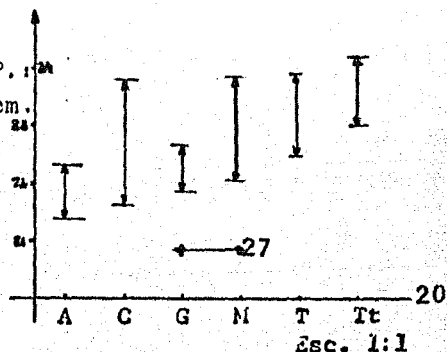




DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO TESTIGO Y DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO BASICO PARA ESTIMAR EL OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA

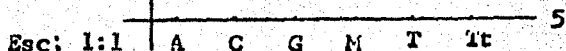
COMPARACION ENTRE TAMAÑO Y MAXIMO TAMAÑO DE LAS PLANTAS AL COSECHAR:

CULTIVO:	PUNTOS GRAFICADOS:	TESTIGO:	OPT.ESP.
Avena	A	21.4cm.	22.3cm.
Cebada	C	21.6	23.8
Garbanzo	G	28.0	28.8
Maíz	M	28.2	30.0
Trigo	T	22.5	23.9
Triticale	Tt	23.0	24.2



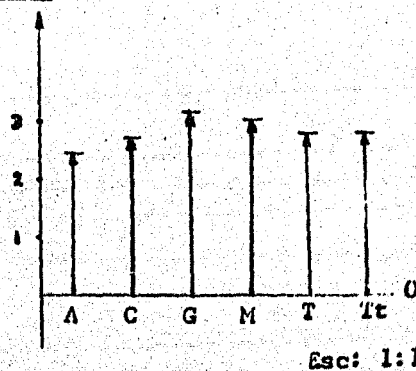
COMPARACION ENTRE CONVERSION Y MAXIMA CONVERSION COSECHA/SIEMBRA:

CULTIVO:	PUNTOS GRAFICADOS:	TESTIGO:	OPT.ESP.
Avena	A	6.9	7.2
Cebada	C	7.0	7.6
Garbanzo	G	6.9	7.2
Maíz	M	7.2	7.9
Trigo	T	7.3	7.4
Triticale	Tt	7.5	7.6



OPTIMO ESPESOR DE LA CAMA DE SIEMBRA:

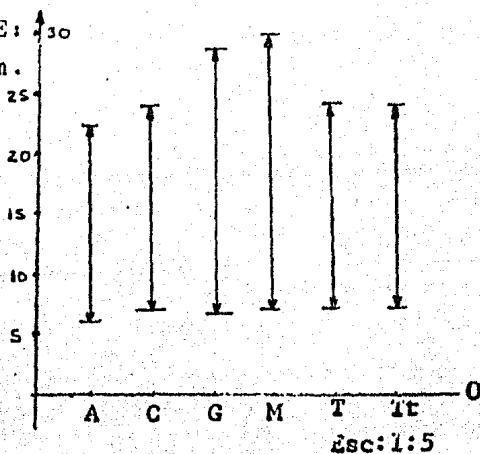
CULTIVO:	PUNTOS GRAFICADOS:	OPT.ESP.
Avena	A	2.4 cm.
Cebada	C	2.7
Garbanzo	G	3.2
Maíz	M	3.0
Trigo	T	2.8
Triticale	Tt	2.8



DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO Y  
DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE  
FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA

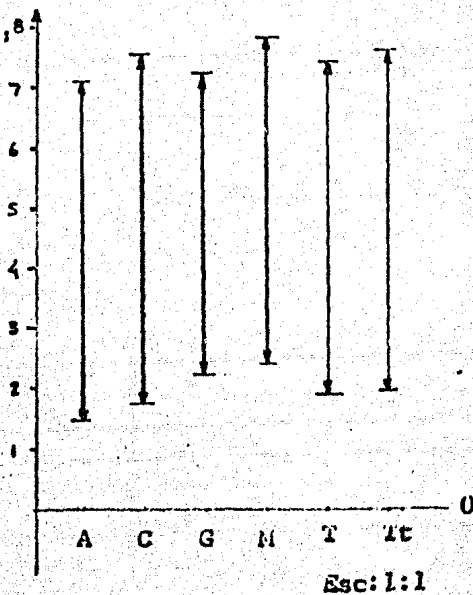
COMPARACION ENTRE TAMAÑO DE LAS PLANTAS AL COSECHAR:

CULTIVO:	PUNTOS GRAFICADOS:	
	BLANCO:	FORRAJE:
Avena	A	6.0cm. 22.1cm.
Cebada	C	7.0 23.7
Garbanzo	G	6.9 28.6
Maíz	M	7.2 29.8
Trigo	T	7.3 24.0
Triticale	Tt	7.5 24.2



COMPARACION ENTRE CONVERSIONES COSECHA/SIEMBRA:

CULTIVO:	PUNTOS GRAFICADOS:	
	BLANCO:	FORRAJE:
Avena	A	1.5 7.1
Cebada	C	1.8 7.5
Garbanzo	G	2.2 7.2
Maíz	M	2.4 7.8
Trigo	T	1.9 7.4
Triticale	Tt	2.0 7.6



RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO EXPRESADO EN GRAMOS POR EL TOTAL DE KILOGRAMOS DE FORRAJE OBTENIDO POR KILOGRAMO DE SEMILLA SEMBRADA EN EL PROCESO BASICO DESIGNADO COMO BLANCO Y EN EL SISTEMA BASICO PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE FRESCO POR HIDROPONIA:

## CULTIVOS:

AVENA	M.S.	P.C.	F.C.	E.L.N.	E.E.	C.
SEMILLA:	898.0	112.25	94.29	629.49	39.51	22.45
BLANCO:	972.0	126.36	110.80	666.79	42.76	24.30
HIDROPONIA:	1157.3	231.46	234.93	592.53	53.23	45.13

## CEBADA

SEMILLA:	900.0	108.90	45.90	700.20	19.80	25.20
BLANCO:	955.8	120.43	64.03	722.58	21.98	26.76
HIDROPONIA:	1507.5	289.44	241.20	863.79	48.24	61.80

## GARBANZO

SEMILLA:	908.0	174.33	71.73	598.37	38.13	25.42
BLANCO:	1064.8	214.02	97.96	678.27	44.72	29.81
HIDROPONIA:	1605.6	406.21	226.38	852.57	65.83	54.59

## MAIZ

SEMILLA:	880.0	79.20	20.24	731.28	34.32	14.96
BLANCO:	1120.8	110.95	43.71	901.12	44.83	20.17
HIDROPONIA:	2246.4	359.42	276.30	1448.93	98.84	62.89

## TRIGO

SEMILLA:	895.0	118.14	48.33	674.83	27.74	25.95
BLANCO:	885.4	123.07	63.74	644.57	27.44	25.67
HIDROPONIA:	1243.2	256.09	152.91	747.16	42.26	44.75

## TRITICALE

SEMILLA:	904.0	168.14	30.73	667.15	19.88	18.08
BLANCO:	938.0	180.09	55.34	661.29	21.57	19.69
HIDROPONIA:	1292.0	315.24	104.65	801.04	34.88	36.17

\*Los resultados aquí reportados son el promedio de los datos obtenidos en el análisis bromatológico. e.s. (25)

## VALORACION DE LOS ALIMENTOS (27)

Digestibilidad.- El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante análisis químico, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior, ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas.

La digestibilidad de un alimento se define con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretado con las heces, y que se supone por lo tanto, que ha sido absorbida. Por lo general se representa por el coeficiente de digestibilidad, que se expresa en porcentaje de materia seca.

Existen dos motivos que hacen discutible el asier\_ to de que para conocer la cantidad de alimento digerido y absorbido basta con restar el que se excreta en las heces. El primero de ellos es que en los rumiantes el metano que se forma en la fermentación de los carbohidratos no se absorbe, pero tampoco aparece en las heces porque se pierde por eructación, pérdida que conduce a un valor falsamente elevado de los carbohidratos digeribles de los alimentos de los rumiantes.

La otra causa de error, más grave que la ya citada es que, no todo el contenido de las heces consiste en residuos alimenticios no digeridos. Parte del material fecal lo constituyen enzimas y otras sustancias segregadas en el intestino y que no se reabsorben, y restos celulares procedentes del revestimiento intestinal, de manera que si alimentamos a un animal con una dieta exenta de nitrógeno, las heces contienen aún nitrógeno.

La eliminación con las heces de sustancias que no proceden directamente del alimento conduce a una infravaloración de la cantidad de éste que ha sido realmente absorbido, por lo que a los valores obtenidos en los ensayos de digestibilidad se les llama coeficiente de digestibilidad aparente, para distinguirlas de los coeficientes de digestibilidad real. Estos últimos son difíciles de determinar en la práctica. Los coeficientes de di\_

gestibilidad aparente son satisfactorios para los constituyentes orgánicos del alimento y corresponden a la ingestión neta de alimento, para los elementos minerales carecen de significado.

Factores que afectan la digestibilidad.- La digestibilidad de un alimento está intimamente ligada con su composición química y un alimento como la cebada, cuya composición apenas varía de una muestra a otra, presenta muy poca variación en su digestibilidad. La fracción de fibra bruta de un alimento influye sobremanera en su digestibilidad, tanto por su cantidad como por su composición química.

El contenido celular de los voluminosos se digiere casi por completo, pero las paredes celulares--formadas principalmente por celulosa y hemicelulosa--se digieren muy poco si están muy lignificadas. La fracción de fibra bruta de los alimentos, aunque no incluye a todos los constituyentes de la pared celular, proporciona orientación sobre su concentración y su grado de lignificación. Cuando en un alimento determinado aumenta la proporción de fibra bruta, como ocurre en los pastos al madurar, suele ser debido a la mayor lignificación de las paredes celulares; la subsiguiente disminución de la digestibilidad de la fibra bruta trae como consecuencia una menor digestibilidad de otros constituyentes que quedan encerrados en el interior de la célula cuyas paredes no atacadas impiden el acceso de las enzimas digestivas. Así, en muchos alimentos un 1% de aumento de la fibra bruta causa una disminución de la digestibilidad de la materia orgánica total de 0.7 a 1 unidades en los rumiantes.

La digestibilidad aparente de la proteína bruta depende mucho de la proporción de proteína en el alimento. La razón de ello es que el nitrógeno fecal metabólico es una constante, independiente del nitrógeno y las proteínas alimenticias.

En los rumiantes, la excreción de nitrógeno metabólico es equivalente a 3 g de proteína bruta por 100 g de materia de alimento ingerido. Si el alimento contiene el 6% de la prote\_

ina bruta (o sea, 6 g por cada 100 g de materia seca), la digestibilidad aparente de ésta proteína no es superior al 50%; pero si el alimento contiene el 12% el efecto metabólico del nitrógeno es proporcionalmente menor y el máximo posible de la digestibilidad aparente de la proteína alimenticia se eleva hasta 75%. Una consecuencia de éste efecto es que los alimentos que contienen menos del 3% de proteína bruta, como las pajas de los cereales, pueden en realidad reducir el suministro de proteína digestible del animal.

Composición de la ración.- La digestibilidad de un alimento no solamente se ve afectada por su propia composición, sino también por la de otros alimentos consumidos al mismo tiempo. Este efecto asociativo de los alimentos representa un obstáculo serio para determinar la digestibilidad por diferencia, tal es, que la digestibilidad de una cebada puede variar según haya sido consumida con heno o con ensilado, o bien la cebada dada así con heno puede alterar la digestibilidad del propio heno.

Factores dependientes del animal.- La digestibilidad es más bien una propiedad del alimento que del consumidor, lo que quiere decir que un alimento dado a animales distintos no será digerido en el mismo grado. El factor animal más importante es la especie. Los alimentos con poca fibra son igualmente digeridos por los ruminantes y por los no ruminantes, pero los alimentos fibrosos son mejor digeridos por los primeros. Los coeficientes de digestibilidad aparente de las proteínas son a menudo más elevados para los cerdos, ya que su excreción de nitrógeno metabólico es menor que la de los ruminantes. Las diferencias entre la capacidad digestiva del ganado vacuno y el ovino son muy pequeñas y sin importancia práctica. La edad del animal tiene poca importancia en los no ruminantes y también en los ruminantes una vez adquirida la flora normal del rumen.

Nivel de ingestión.- Un aumento en la cantidad de comida ingerida por un animal hace que la velocidad de paso de la digesta sea mayor y por lo tanto menor el tiempo durante el que está expuesta a la acción de las enzimas lo que puede ocasionar una disminución de la digestibilidad.

El nivel de ingestión se define mejor en relación con la cantidad de alimento que el animal necesita para mantenimiento, dando el valor de 1 al nivel que mantiene equilibrio energético en el animal. Por lo general, al aumentar el nivel de ingestión en una unidad ( es decir doblando el nivel de mantenimiento ) la digestibilidad de la materia seca de los alimentos para los rumiantes disminuye en 1-2 unidades por ciento. La reducción es mayor de lo normal para las dietas cuyos constituyentes han sido finamente molidos, y mayor para los voluminosos de baja calidad que para los de mejor calidad. Este efecto de la cantidad de alimento es muy complejo y su magnitud depende sobre todo de la naturaleza del alimento. La digestibilidad de la materia seca de la hierba fresca o conservada no disminuye mas que de 1 a 3 unidades cuando la ingestión aumenta en un 50 a 100 %. Para los concentrados, la complicación es mayor, ya que los rumiantes los comen siempre acompañados de un voluminoso. Cuando el voluminoso y el concentrado se aumentan en las mismas proporciones, permaneciendo la composición de la dieta invariable, la magnitud del efecto debido al aumento es la misma que si se tratase únicamente del voluminoso. Si lo que aumenta es únicamente la ingestión de concentrado, la composición de la dieta varía y la reducción de la digestibilidad es mayor; en éste caso, el efecto puede deberse parcialmente al efecto asociativo de los alimentos.

Sistema del total de nutrientes digestibles, para la valoración de alimentos.- En las tablas que se da la composición en principios inmediatos de los alimentos se incluyen por lo general valores de su composición en principios digestibles.

Hay que hacer notar que estos valores son cifras medias, no constantes biológicas, y pueden resultar poco exactos cuando se aplican a una muestra determinada de alimento dada a un animal particular. Por lo tanto, los coeficientes de digestibilidad media han de ser usados con precaución. A pesar de todo, los datos sobre la digestibilidad son importantes, ya que existen varios métodos de valoración de alimentos que se basan en su composición digestible para calcular su poder energético. Los alimentos se valoran en términos de total de nutrientes digestibles (TND).

$$\text{TND} = \% \text{ de proteína bruta digestible} + \% \text{ de fibra bruta digestible} + \% \text{ de extractivos libres de nitrógeno digestible} + 2.25 \text{ por el \% de extracto etereo digestible.}$$

El extracto etereo se multiplica por 2.25 debido a que el valor energético de las grasas es aproximadamente dos veces y cuarto mayor que el de los carbohidratos. Su inconveniente es que no tiene en cuenta que la eficiencia con la que los nutrientes que aportan energía son metabolizados y hechos utilizables para el animal variando de unos alimentos a otros.

**Digestibilidad y consumo de alimento en los rumiantes.** - La dieta de los rumiantes contiene una gran proporción de los alimentos conocidos colectivamente como voluminosos e incluso puede estar constituida exclusivamente por ellos. La digestibilidad de la materia seca de los voluminosos oscila entre el 80 por ciento en la hierba fresca de los pastos, hasta menos del 40 por ciento en la paja de los cereales. Los materiales de digestibilidad tan baja son una fuente de nutrientes muy pobre, y el animal que los consume necesita pasar grandes cantidades de ellos a través de su aparato digestivo para satisfacer sus requerimientos nutritivos. Aunque el rumiante puede ingerir gran cantidad de alimento, ésta cantidad puede estar limitada por el ritmo al que es capaz de digerir y eliminar alimento de su tracto digestivo.



La tasa de desaparición depende de dos procesos: de la absorción de los constituyentes digestibles del alimento y del paso de la parte indigestible a través del tracto. Aunque en éstos procesos interviene la totalidad del tracto digestivo, se cree que la tasa de desaparición está determinada sobre todo por la rapidéz con que la digesta abandona el rumen.

La propiedad que determina a que velocidad es digerido un alimento es esencialmente la misma que determina en que extensión es digerido. Los alimentos fibrosos de digestibilidad baja son desdoblados lentamente, debido en primer lugar a que la velocidad a la que la división física puede realizarse es pequeña. Esta lenta ruptura física, además de retardar el acceso de las enzimas a los constituyentes del alimento, hace que éste sea retenido en el rumen durante mas tiempo ya que únicamente las partículas muy pequeñas pueden continuar su paso a lo largo del tracto. La mayor cantidad de celulosa que contienen los alimentos fibrosos retarda su digestión química en el rumen, ya que la celulosa se digiere relativamente despacio. Existe por lo tanto, una relación entre digestibilidad y velocidad de digestión, que tiene como consecuencia una relación entre digestibilidad y consumo de alimento. Esta última se comprende claramente si consideramos el caso de un animal al que se permite comer cuanto forraje quiera a intervalos determinados. Cuanto mas digestible sea el alimento y mas de prisa abandone el rumen, mayor será el espacio que quede disponible en el rumen entre comida y comida y el animal podra comer mas. (No hay que confundir éste efecto de la digestibilidad sobre la ingestión de alimento con lo dicho de que al disminuir la cantidad de un alimento aumenta ligeramente su digestibilidad, lo que significa un efecto de la ingestión sobre la digestibilidad).

En los rumiantes en general ésta relación entre digestibilidad y consumo puede ser modificada por la influencia sobre el consumo de otras propiedades del alimento distintas de la digestibilidad. Al moler los voluminosos, por ejemplo, disminuye

la digestibilidad, pero aumenta la ingestión; ambas cosas son atribuibles a la mayor velocidad con que las partículas pequeñas abandonan el rumen y pasan al intestino. Cuando a la dieta de voluminosos se le añade un suplemento de concentrado, el aumento en la ingestión total de alimento que se observa es a menudo superior a lo atribuible a la mayor digestibilidad del suplemento. Cuando se trata de voluminosos muy digestibles, las diferencias en la digestibilidad no tienen un efecto tan marcado sobre la ingestión como cuando se trata de materiales menos digestibles. Es posible que cuando se alcanzan niveles altos en la digestibilidad, la ingestión de alimento en los rumiantes no esté limitada por la velocidad con que la digesta abandona el tracto, sino que esté controlada de la misma forma que en los animales no rumiantes. Estos últimos consumen menos alimento, no mas, cuanto mayor es la concentración de nutrientes digestibles en la dieta, manteniendo así la ingestión de nutrientes digestibles a un nivel aproximadamente constante.

## CONTENIDO ENERGETICO DE LOS ALIMENTOS (27)

Los animales emplean la mayor parte de los nutrientes orgánicos como materiales para la construcción de los tejidos corporales y la síntesis de productos tales como leche, y también como fuentes de energía para el trabajo que han de realizar. La característica común de todas éstas funciones es que en todas ellas hay transferencia de energía; así ocurre cuando en la oxidación de los nutrientes la energía química se transforma en energía mecánica o calórica, o cuando la energía química pasa de una forma a otra, como ocurre en el caso de la síntesis de grasa a partir de los carbohidratos del alimento. Por lo tanto, el valor nutritivo de un alimento viene dado sobre todo por su capacidad para producir energía.

La demanda de energía.- Un animal privado de alimento continúa necesitando energía para aquellas funciones indispensables para la vida, como son el trabajo mecánico de la actividad muscular esencial; el trabajo químico que significa, por ejemplo, el movimiento de sustancias disueltas contra gradientes de concentración y la síntesis de constituyentes orgánicos que se consumen, tales como enzimas y hormonas; y ésta energía la obtienen a partir del catabolismo de las reservas corporales, en primer lugar de glucógeno y luego de las grasas y proteínas. En el animal que come, la energía procedente del alimento se emplea ante todo en éstos procesos de mantenimiento del organismo, evitando así el catabolismo de los tejidos animales.

Cuando la energía química del alimento se usa para el trabajo muscular y químico relativos al mantenimiento, el animal no realiza ningún trabajo externo y la energía empleada de éste modo se convierte en calor. Como el calor no le sirve al animal mas que para mantener su temperatura corporal, se considera que ésa energía ha sido gastada. En un animal en ayunas la cantidad de calor producido es igual a la cantidad de energía

química empleada en el mantenimiento del organismo. Este calor puede ser medido bajo condiciones específicas y se le conoce con el nombre de metabolismo basal.

La energía que excede de la necesaria para el mantenimiento se usa para las distintas formas de producción (o mejor, los empleados de éste modo son los nutrientes representados por esa energía). Un animal joven en periodo de crecimiento almacena energía en las proteínas de sus nuevos tejidos; un animal de engorde la almacena en forma de grasa y un animal lactante transfiere la energía del alimento a la de los constituyentes de la leche. Otras formas de producción son las realizaciones de trabajo muscular y la formación de lana. No existe ninguna función, ni siquiera el mantenimiento orgánico, de la que pueda decirse que ostenta una prioridad absoluta sobre la energía del alimento. Un animal joven que recibe la cantidad de proteínas adecuada, pero no la energía suficiente para el mantenimiento, puede, a pesar de todo, seguir acumulando proteínas y obtener la energía de sus reservas de grasa. De la misma manera, en animales con aportes de energía inferiores a los necesarios para el mantenimiento, e incluso en los privados de alimento, sigue habiendo crecimiento de lana.

La energía bruta de los alimentos.- El animal obtiene la energía a partir de su alimento. La cantidad de energía química que posee un alimento se determina convirtiéndola en energía calórica y midiéndola en forma de calor producido. Esta conversión se realiza oxidando el alimento mediante combustión la cantidad de calor que resulta de la oxidación completa de la unidad de peso de un alimento se conoce como energía bruta o calor de combustión de aquel alimento.

La energía bruta se mide en un aparato llamado bomba calorimétrica, que en esencia consiste en una cámara de metal resistente (la bomba) aislada en el interior de un tanque de agua. La muestra del alimento se coloca en el interior de la bomba y -

se inyecta oxígeno a presión. Se mide la temperatura del agua y se quema el alimento mediante electricidad. El calor que se produce en la combustión es absorbido por el metal de la bomba y se transmite al agua; cuando se alcanza el equilibrio se mide de nuevo la temperatura del agua. El calor producido se calcula a partir del aumento de temperatura del agua, teniendo en cuenta los pesos y los calores específicos del agua y de la bomba.

La bomba calorimétrica puede usarse para medir la energía bruta de los alimentos enteros o de sus constituyentes.

La grasa contiene dos veces y media mas energía que los hidratos de carbono; ésta diferencia refleja la mayor proporción de carbono e hidrógeno con respecto al oxígeno que contiene la grasa (lo que quiere decir que las grasas están menos oxidadas y son, por lo tanto, capaces de producir mas energía cuando se oxidan). También las proteínas poseen mas energía que los carbohidratos. A pesar de éstas diferencias entre los constituyentes del alimento, el predominio de los carbohidratos hace que su contenido energético presente pocas variaciones. Solamente se destacan del valor medio los alimentos ricos en grasa como la harina de linaza, que contiene un 9% de extracto etereo, o los que tienen muchas cenizas, que carecen del valor calórico, que están muy por debajo de la media. El contenido energético de los alimentos mas comunes es aproximadamente de 4.4 kcal por gramo.

**Energía digestible.**- La determinación de la energía a total de un alimento es un dato poco exacto para conocer cual es en realidad la energía utilizable por el animal, ya que no tiene en cuenta las pérdidas que tienen lugar durante la digestión y el metabolismo. La primera pérdida que hay que considerar es la ocasionada por la energía que contienen las heces. La energía digestible aparente de un alimento es su energía total menos la energía contenida en las heces procedentes de una toma de ése alimento.

SISTEMAS PARA EXPRESAR EL VALOR  
ENERGETICO DE LOS ALIMENTOS. (27)

Para el racionamiento científico de los animales el ganadero ha de tener en cuenta, sobre todo, dos cosas: cuales son sus requerimientos nutritivos y cuales son los alimentos que pueden suplir éstas necesidades. Esta relación entre la demanda y el suministro ha de hacerse para cada nutriente por separado y en muchos casos los nutrientes considerados son los que proporcionan energía. Existen muchas razones para dar prioridad a la energía; en primer lugar, los nutrientes productores de energía son los que existen en mayor cantidad en los alimentos, de forma que si se confecciona una dieta pensando en otros requerimientos y luego se comprueba que es pobre en energía, lo mas probable es que sea necesaria una revisión a fondo de todos los constituyentes; en cambio, una deficiencia en vitaminas o minerales puede suplirse fácilmente añadiendo una pequeña cantidad de una fuente concentrada.

Otra característica que distingue a los nutrientes energéticos de los demas es la forma en que la actuación del animal responde a los cambios en las cantidades administradas, medida en ganancia de peso o producción de leche.

Si, por ejemplo, a un novillo que con una dieta de terminada gana 1 kg diario le reducimos eventualmente el suministro de alguno de los nutrientes, su ganancia de peso se verá afectada por ésta disminución; en cambio, el aumento de un nutriente aislado por encima del nivel requerido tiene por lo general muy poco efecto. Así, si aumentamos la cantidad de vitamina A administrada al doble de la necesitada por el animal, no es probable que esto afecte en absoluto la ganancia de peso del novillo. En cambio, si se aumenta solamente la ingestión de energía, el animal tiende a almacenar ésta energía, bien en forma de grasa y de proteínas, si dispone de los aminoácidos adecuados, o totalmente en forma de grasa, pero en todo caso

su ganancia en peso vivo aumenta. En efecto, la ingestión de energía es la que marca la pauta de la producción, ya que los animales responden siempre a los cambios en las cantidades administradas.

Cuando los demás nutrientes estén presentes en la cantidad estrictamente necesaria para cubrir los requerimientos del animal, un aumento en la ingestión de energía tendrá resultados desfavorables. El aumento del depósito de grasa corporal trae como consecuencia un aumento en las necesidades de vitaminas y minerales asociados con los sistemas enzimáticos que intervienen en la síntesis de grasas y, en consecuencia, desencadena una deficiencia de éste tipo. Es por lo tanto importante mantener en la dieta un equilibrio adecuado entre la energía, que es la que marca la pauta, y los demás nutrientes.

El valor energético de un alimento puede expresarse de diversas formas, que van desde la fácilmente determinable energía total hasta la energía neta. En la práctica, el concepto de energía total no se aplica para valorar los alimentos y los distintos sistemas empleados pueden dividirse en dos clases, según que consideren la energía digestible o metabolizable, o bien la energía neta. En lo que respecta al racionamiento de los animales, ofrecen ventaja los sistemas de energía neta, ya que permiten expresar en las mismas unidades los requerimientos del animal y los valores de los alimentos. Así, si un animal está experimentando una ganancia ponderal con un contenido energético de 4 Mcal/kg, y 1 kg de alimento proporciona 1 Mcal de energía neta cuando se emplea para la síntesis de grasa, podemos calcular fácilmente la cantidad de este alimento necesaria para originar un aumento de peso de 1 kg. Pero si los valores del alimento se expresan en términos de energía metabolizable los cálculos se complican por la necesidad de determinar la eficiencia con la que el animal retiene esta energía.

Una dificultad común a todos los sistemas de medida y especialmente a aquellos basados en la energía neta es que la valoración de un alimento es un proceso laborioso y complicado. Es un procedimiento que no se puede emplear, por ejemplo, con las muestras de heno o de ensilaje. Por esta razón, una característica esencial de la mayoría de los sistemas es un método para predecir el valor energético a partir de algunos datos del alimento fácilmente medibles, como son los de su composición bruta o en principios digestibles.

#### Sistemas para rumiantes. (27)

A principios de siglo, H. P. Armsby, de la Universidad de Pensilvania, llevó a cabo experimentos en los que administraba diferentes alimentos a novillos mantenidos en un calorímetro. Eran experimentos "por diferencia" en los cuales el valor de la energía neta de un alimento se determinaba como el incremento que experimenta la retención de energía cuando aumenta la ingestión. Generalmente, el nivel más alto de la ingestión estaba próximo al de mantenimiento, de forma que los valores de energía obtenidos eran los correspondientes a los alimentos utilizados para fines de mantenimiento. Debido a la naturaleza complicada de estas investigaciones, Armsby no pudo valorar más que 20 alimentos, pero él y otros usaron la información así obtenida, unida a los datos de balance de carbono y nitrógeno de Kellner, para idear un método que permitiese predecir los valores para otros alimentos a partir de su contenido en materia orgánica digestible.

E. B. Forbes, demostró que la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para cualquiera de las tres funciones; mantenimiento, ganancia de peso, o producción de leche variaba según se emplease.

Estos resultados parecían indicar que la energía metabolizable proporcionaría una base adecuada para la valoración de los alimentos.



Sin embargo Forbes entiende que aunque los valores de la energía neta de los alimentos fueron útiles para consideraciones teóricas, sin embargo, eran demasiado susceptibles a las condiciones bajo las cuales fueron determinados para ser útiles en sistemas prácticos de alimentación.

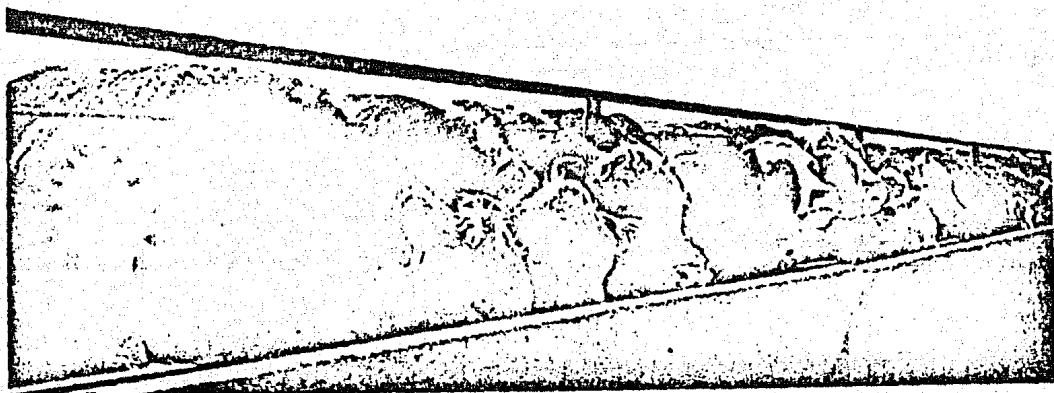
Por ello el sistema preferido, ha sido el del total de nutrientes digeribles, al que ya nos hemos referido.

Los valores del TND dan una medida relativa de la energía digerible contenida en los alimentos, ya que tienen en cuenta la mayor energía total contenida en las grasas con respecto a la de los carbohidratos, pero, sin embargo, no se considera el mayor valor energético de las proteínas, que tienen una media de 5.64 kcal por g. Si los aminoácidos absorbidos son desaminados y oxidados, alrededor del 20% de su energía se pierde en forma de urea y de otros subproductos del catabolismo de las proteínas. Por lo tanto, los valores de la energía metabolizable de las proteínas y los carbohidratos no difieren tanto como los de la energía digerible, y puesto que al calcular el TND se atribuye la misma energía a las proteínas que a los carbohidratos, se dice algunas veces que los valores del TND son mas bien medidas relativas de la energía metabolizable y no de la energía digerible.

De los resultados obtenidos en experiencias en las que se midieron el TND y los valores de energía digerible, se deduce que por término medio 1 kg de TND proporciona aproximadamente 4.4 Mcal de energía digerible (4.4 kcal por gramo). En los rumiantes 1 kg de TND proporciona alrededor de 3.56 Mcal de energía metabolizable.

El sistema del TND tiene su origen en los primeros ensayos de digestibilidad, que se hicieron a mediados del pasado siglo, y el método de cálculo actual se adoptó en los primeros años de nuestro siglo. Desde entonces se ha usado sin modificación alguna, aunque se ha sugerido repetidamente que se le debería poner sobre una base de verdadera energía digerible, multiplicando la proteína bruta digerible por 1.36.

Exactitud de los sistemas.- La finalidad de los sistemas para valorar la energía de los alimentos es permitir la predicción del balance energético de los animales conocido su consumo alimenticio o -lo que viene a ser- calcular la cantidad de alimento necesario para originar un balance energético determinado. Este propósito se alcanzaría de una manera ideal asignando a cada alimento un solo valor energético, que sería aplicable para calcular el balance de energía en animales de diferentes especies, edades y formas de producción y válido también para cualquier forma física o cantidad de alimento suministrado o naturaleza de los demás componentes de la dieta.



## PROTEINAS. (27)

Para que el alimento sea utilizado con la máxima eficacia el animal ha de recibir los aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas y ha de disponer también de los no esenciales en cantidad suficiente para hacer frente a las demandas metabólicas, en los animales rumiantes; debido a la degradación y síntesis de proteínas que tiene lugar en el rumen el material del que finalmente dispone el animal para ser digerido difiere considerablemente del que se encontraba en el alimento en un principio por lo tanto es necesario un enfoque para valorar las fuentes de proteínas.

Proteína Bruta (PB).- La mayor parte del nitrógeno que el animal necesita se emplea en la síntesis de proteínas. Una gran proporción del nitrógeno de los alimentos se encuentra también en forma protéica y por lo tanto es conveniente, expresar tanto los requerimientos de nitrógeno como el contenido de los alimentos en términos de proteínas. Las proteínas de un alimento pueden calcularse químicamente a partir de su contenido en nitrógeno, ello nos da una cifra del nitrógeno bajo cualquier forma, excepto como nitritos y nitratos. Al calcular el contenido en proteínas de un alimento a partir de su nitrógeno, se parte de dos suposiciones: primero que todas las proteínas del alimento contienen un 16% de nitrógeno, y segundo, que todo el nitrógeno está en forma de proteínas. El porcentaje de nitrógeno (N) se expresa en términos de proteína bruta (PB) y se calcula como sigue:

$$\% \text{ de PB} = \% \text{ de nitrógeno} \times 100/16$$

o mas generalmente:

$$\% \text{ de PB} = \% \text{ de nitrógeno} \times 6.25$$

Ambas suposiciones son infundadas. Las distintas proteínas alimenticias tienen diferentes proporciones de nitrógeno y, por lo tanto, hay que usar factores distintos al convertir el nitrógeno en proteínas según el alimento de que se trata.

Aunque en esencia es erroneo; se considera que en la práctica está justificado el uso de un factor medio de conversión de 6.25 para las proteínas de los alimentos, ya que los requerimientos proteicos de los animales se expresan en términos de N X 6.25. El supuesto de que la totalidad del nitrógeno de los alimentos está en forma de proteínas es también falso, ya que pueden existir muchos compuestos nitrogenados sencillos, como amidas, aminoácidos, glucósidos, alcaloides, sales de amonio y compuestos lipídicos. Sin embargo unicamente las amidas y los aminoácidos tienen una importancia cuantitativa y además existen en gran cantidad solo en un reducido número de alimentos, tales como gramíneas jóvenes, ensilaje y raíces inmaduras. Por lo tanto, la ventaja que reporta en la práctica el distinguir entre los dos tipos de nitrógeno es muy pequeña, sobre todo porque el animal puede utilizar una gran parte de la fracción no protéica para la síntesis de aminoácidos.

Proteína verdadera (PV).- Siempre que sea necesario determinar la verdadera proteína se le puede separar de los compuestos nitrogenados no protéicos precipitando con hidróxido cúprico o, en el caso de algunos compuestos vegetales, coagulando por el calor. A continuación se filtra y en el residuo se hace una determinación por el método Kjeldahl.

Medidas de calidad de las proteínas para los ruminantes.- Debido a la total alteración que las proteínas del alimento sufren en el rumen por acción de los microorganismos, se hace difícil determinar su calidad para los ruminantes. Las proteínas son degradadas hasta aminoácidos o amoniaco, una gran proporción de los cuales son usados para la síntesis de proteínas microbianas que eventualmente son digeridas y absorbidas por el huésped. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales, por lo que la mezcla de aminoácidos que llega al torrente circulatorio del ani-

mal no guarda relación con la constitución aminoácida de la dieta original.

La proteína microbiana que se produce en el rumen tiene un valor biológico de alrededor de 80, tanto si es de origen bacteriano como de protozoos. La digestibilidad de la proteína de las bacterias es baja, 74%, comparada con la de los protozoos, 91% y tiene un UPN de 59%. Por lo tanto, el valor de una proteína puede ser afectado por las condiciones del rumen, en muchos casos representa una ventaja la conversión de una proteína alimenticia de bajo valor biológico en proteína bacteriana, pero cuando se trata de fuentes de mejor calidad es perjudicial debido a la baja digestibilidad de la proteína bacteriana. A pesar de la relativamente alta calidad de la proteína microbiana, su producción puede representar un inconveniente debido a las pérdidas por transformación. No todo el nitrógeno de la dieta llega al intestino delgado. Si la desaminación es rápida, la cantidad de amoníaco producida en el rumen excede a la capacidad de los microorganismos para captarlo para la síntesis de aminoácidos y parte de él es absorbido y excretado como urea.

La velocidad y la extensión de degradación de las proteínas depende de factores tales como el area de superficie disponible para el ataque microbiano, la consistencia física y la naturaleza química de la proteína y la acción protectora de otros constituyentes. Por lo tanto, la susceptibilidad de degradación es una cualidad de la propia proteína y debería ser posible cuantificarla. Se han hecho varios intentos por caracterizar a las proteínas sobre ésta base, pero con poco éxito.

Es posible, por lo tanto, que el valor de una proteína para un rumiante dependa tanto de la dieta en conjunto como de la naturaleza de la propia proteína y que varíe para cada situación alimenticia, por lo que cualquier intento para asignar un valor único a una proteína está destinado al fracaso. Tal vez estén justificados los intentos para valorar combinaciones de proteínas tal como se encuentran en las dietas que se emplean normal

mente. Las medidas de la concentración de amoniaco en el rumen reflejan el equilibrio alcanzado entre la degradación y la síntesis de proteínas con una dieta determinada. Si se pudiesen standardizar las condiciones de determinación sería interesante una cifra de amoniaco en el rumen para calcular el valor de las proteínas de una dieta particular sin necesidad de recurrir a los ensayos de balance.

En la práctica la valoración de la proteína del alimento de los rumiantes se basa en la determinación de su contenido en proteína bruta. Para calcular la proteína bruta digestible, se emplean los coeficientes de digestibilidad. Para los voluminosos se usa una aproximación diferente, debido a su gran variabilidad y a la mayor importancia del nitrógeno metabólico fecal en materiales con un contenido en proteína mas bajo. En éste caso se usan ecuaciones de regresión para predecir la proteína bruta digestible sobre la base del contenido en proteína bruta. Una ecuación típica es:

$$\% \text{ PBD} = (\% \text{ PB} \times 0.9115) - 3.67$$

que se usa mucho para hierbas, henos y ensilajes. Es evidente que los voluminosos pobres en proteína tendrán valores negativos para la proteína bruta digestible. La calidad de la proteína en cuanto a su valor biológico no se tiene en cuenta, ya que muchos investigadores opinan que para presentaciones prácticas puede considerarse que el nitrógeno del alimento alcanza el abomaso principalmente en forma de proteína microbiana y tiene un valor biológico constante. Este valor se tiene a veces en cuenta cuando se expresan los requerimientos en proteínas en forma factorial en términos de proteína bruta digestible. Sin embargo, ésta aproximación demuestra que para un mismo valor biológico se han propuesto cifras tan dispersas como 60 y 75. Trabajos mas recientes indican que el espectro de los aminoácidos de que disponen los animales alimentados con dietas de nitrógeno no protéico es diferente del de las dietas tradicionales. Es posible que a medida que las dietas del futuro vayan difiriendo de las tradicionales sea necesario establecer diferencias en el valor biológico.

X-RECRIA Y ENGORDE DE TERNEROS.NECESIDADES ALIMENTICIAS DE LOS TERNEROS

(29)

Si el crecimiento de los terneros se rigiera por leyes matemáticas, las necesidades para aumentar un kilogramo de peso en vivo serían siempre las mismas. Las leyes biológicas, en sus resultados, no coinciden nunca con las matemáticas por lo que para aumentar un kilogramo de peso, las necesidades varían de acuerdo con un gran número de factores difícilmente controlables, a saber:

1. El mayor o menor incremento de peso diario pretendido.
2. La mayor o menor aptitud del animal para producir carne.
3. El mejor o peor estado sanitario de la manada.
4. El equilibrio de la ración.
5. El manejo al que estarán sometidos los animales

Siendo tantos los factores a intervenir en los rendimientos, se comprenderá fácilmente que debemos tratar siempre con cifras promedio, las cuales pueden ser aplicadas lo mismo a unos animales que a otros, así como a diferentes sistemas. Estas cifras medias diarias serán mejoradas tanto más cuanto más nos acerquemos a la perfección o a lo óptimo en cada uno de los factores citados y, por el contrario, serán peores los resultados cuanto más nos alejemos de la perfección.

De los cinco factores anteriores, tres de ellos son fácilmente superables y depende del ganadero el que sean superados en su grado óptimo, como son los incrementos de peso a lograr, el estado sanitario de los animales y el manejo adecuado de los mismos. Los otros dos, es decir, el ternero y el alimento, son más difícilmente controlables, ya que ha de engordarse el ternero con los alimentos que se producen en la explotación y que se obtienen a mejor precio. El combinar estos dos últimos factores, ternero-alimento, es la base de la economía en la producción.

Hemos dicho que trabajaríamos con cifras medias, pero a su vez las vamos a desglosar en tres grandes grupos, a saber:

1. Aumentos elevados diarios con buena alimentación y animales adecuados.
2. Aumentos medios con animales medios y alimentos adecuados.
3. Aumentos inferiores con animales no bien adaptados para la producción de carne o con alimentos disponibles groseros.

#### Lactancia (Primer Trimestre).

En los crecimientos diarios, durante el primer trimestre influye notablemente el consumo de leche, mientras que la raza del animal parece afectar menos a este crecimiento.

Sin duda alguna, hay individualidades o variaciones que parece que se conservan toda la vida.

El mayor consumo de leche no parece de gran influencia sobre el índice de conversión.

Según estudios bien realizados en Francia, se logra con menos tiempo el mismo incremento total si el consumo de unidades forrajeras se hace en menos días, empleando las mismas cantidades de alimento.

Lograr incrementos diarios de 800 gramos promedio es el objetivo a alcanzar durante los tres primeros meses de vida.

Con 120 unidades forrajeras se ganan 55 kilos de peso en vivo, y variando la relación unidades forrajeras/kilo de materia seca desde 1.1 a 1.5 se logran incrementos diarios de 650 a 800 gramos de peso vivo.

De acuerdo con las condiciones expuestas para este periodo, el consumo por cabeza deberá ser el siguiente:



Ganancia diaria	M.S.	U.F.	Relación U.F./kg M.S.
650 g	1.22	1.39	1.14
750 g	1.10	1.43	1.30
800 g	1.--	1.50	1.50

Como puede verse en el cuadro anterior, la relación que existe entre unidades forrajeras y materia seca es superior a la unidad, lo que quiere decir que cada kilo de materia seca debe contener más de una unidad forrajera.

A pesar de que podemos establecer un ciclo medio, corto o largo, parece aconsejable que durante éste primer trimestre se fuerce al máximo la alimentación, para lograr incrementos mayores. A pesar de ello, habra variaciones de aumento individuales que han de ser empleadas para determinar la precosidad de cada animal, la cual va a perdurar durante el resto de su vida. Una vez terminado el destete, si hemos pesado todos los terneros antes de éste periodo y después, estamos en condiciones de formar unos lotes según incrementos obtenidos, de forma que los que hayan obtenido durante este periodo los incrementos mayores serán animales que podran incluirse en un lote que permita una alimentación intensa, ciclo corto y un acabado rápido para llegar a matadero. Los que hayan obtenido incrementos inferiores deberán ser sometidos a una alimentación mas económica, puesto que no podemos esperar de ellos los aumentos de peso del lote anterior.

El agrupar los terneros en dos o tres lotes, según los incrementos obtenidos escalonadamente, dependerá del número de cabezas que haya en cada explotación. En las explotaciones de gran número de animales, es aconsejable la constitución de tres lotes a partir de cada grupo de lactancia para una adecuada alimentación posterior.

Recría y Engorde. (29)

Antes hemos considerado que el ideal era constituir tres lotes, y vamos a estudiar ahora un tipo de alimentación para cada uno de acuerdo con sus posibilidades, denominando ciclo corto al crecimiento rápido, ciclo medio al crecimiento medio, y ciclo largo al crecimiento inferior.

Ciclo corto-engorde precoz

Características de los animales en éste ciclo:

Duración del ciclo total: 9 meses, o sea 270 días.

Duración de recría y engorde: 6 meses o sea 180 días.

Alimentación: Exclusivamente concentrada. Fibra a voluntad.

Peso inicial: 110 kg. al destete ( 3 meses de vida ).

Peso final: 400 kg. en 6 meses ( a los 9 meses de vida ).

Aumento en 180 días: 290 kg.

Aumento diario medio a partir del destete: 1.6 kg.

Cuadro A. Ciclo corto 180 días.

	<u>Periodo</u>	<u>de</u>	<u>edad</u>	<u>meses</u>	<u>!</u>
<u>Necesidades:</u>	3 a 6			6 a 9	
Peso medio kg vivo	182			354	
UF/kg aumento	4.2			4.6	
UF/kg MS	0.9			0.9	
MS/día	7.6			8.1	
UF/día	6.82			7.36	
PD/día	0.90			0.94	
<u>Necesidades para el ciclo:</u>					
N de días	90	+		90	= 180
MS	684	+		729	= 1.413
UF	613	+		662	= 1.275
PD	81	+		84	= 165

El obtener incrementos de más de 1.500 kg de peso

en vivo al día en todo un grupo de animales es bastante difícil si no se dispone de animales de raza de constitución muy adecuada para la producción de carne. Además éstos animales deben ser sometidos a una alimentación acorde con los equilibrios que se citan en el cuadro A para que los rendimientos esperados sean una realidad.

Ciclo medio-engorde normal

Características de los animales en este ciclo:

Duración del ciclo total: 12 meses.

Duración del engorde: 9 meses, o sea 270 días.

Alimentación: Exclusivamente concentrada. Fibra a voluntad.

Peso inicial: 110 kg. al destete ( 3 meses de vida ).

Peso final: 400 kg. en 9 meses ( a los 12 meses de vida ).

Aumento en 270 días: 290 kg.

Aumento diario medio a partir del destete: 1.07 kg.

Cuadro B. Ciclo medio 270 días.

	Periodo	de	edad	meses	:
<u>Necesidades:</u>	3 a 6	6 a 9	9 a 12		
Peso medio kg.	158	255	352		
UF/kg aumento	3.6	4.7	5.9		
UF/kg MS	0.864	0.752	0.708		
MS/día	5	7.5	10		
UF/día	4.32	5.64	7.08		
PD/día	0.65	0.80	0.93		
<u>Necesidades para el ciclo:</u>					*
N de días	90	+	90	+	90 = 270
MS	450	+	675	+	900 = 2.125
UF	388	+	507	+	637 = 1.532
PD	58.5	+	72	+	83.7 = 214.2

\* necesidades totales.

Ciclo largo-engorde tardío

Características de los animales en este ciclo:

Duración del ciclo total: 15 meses, o sea 450 días.

Duración del engorde: 12 meses.

Alimentación: Exclusivamente concentrada. Fibra a voluntad.

Peso inicial: 110 kg. al destete ( 3 meses de vida ).

Peso final: 400 kg. en 12 meses ( a los 15 meses de vida ).

Aumento en 360 días: 290 kg.

Aumento diario medio a partir del destete: 0.8 kg.

Cuadro C. Ciclo largo 360 días.

	Periodo	de	edad	en	meses	
<u>Necesidades:</u>	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15		
Peso medio kg.	146	218	290	362		
UF/kg aumento	4.3	5.2	6.1	7		
UF/kg MS	0.714	0.705	0.680	0.674		
MS/día	4.8	5.9	7.23	8.3		
UF/día	3.43	4.16	4.92	5.71		
PD/día	0.52	0.60	0.70	0.80		

Necesidades para el ciclo:

N de días	90	+	90	+	90	+	90	=	360	*
MS	432	+	531	+	650	+	747	=	2.360	
UF	308	+	374	+	442	+	514	=	1.640	
PD	47	+	54	+	63	+	72	=	236	

\* necesidades totales.

La relación que existe entre unidades forrajeras y kilos de materia seca está tanto mas por debajo de la unidad cuanto mas largo es el ciclo. Examinando los cuadros de alimentación vemos también que para lograr el mismo peso, a medida que se va alargando el ciclo va siendo mayor las nece\_

sidades totales en materia seca, en unidades forrajeras y en proteína digestible. Una explicación racional es la siguiente todo animal requiere cubrir unas necesidades de crecimiento; son las precisas para pasar de 110 a 400 kg en los tres casos mientras que las necesidades de conservación pasan de 180 días a 360 en el ciclo mas largo. Como contrapunto tenemos que, para el ciclo corto, el alimento tiene que ser de una calidad muy superior, mas concentrado y por tanto mas caro, mientras que para el ciclo largo los alimentos son de inferior calidad y mas económicos. Cuando hablemos de economía de la producción veremos que el equilibrio entre calidad y precio de uno y otro ciclo es el que nos ha de marcar la pauta del sistema a emplear.



Valor nutritivo, equivalente a una unidad forrajera. Granos de Cereales: El trigo, la cebada, la avena, el arroz, el centeno, el maíz, el sorgo, el mijo, el alpiste, la escayola, etc., son considerados como alimentos concentrados esencialmente energéticos (portadores de energía).

Su composición media es la siguiente:

Agua:_____	14	%
Proteínas:_____	10	%
Hidratos de carbono solubles:_____	60	- 70 %
Fibra:_____ hasta _____	10	%
Grasa:_____	4	%

La digestibilidad de éstos principios nutritivos que poseen los cereales es, en terminos generales, la siguiente:

Proteínas: 80 % para ganado bovino.

Hidratos de carbono solubles: 80 - 90 % para bovinos.

Extractos en eter: 80 % para los herbívoros.

Fibra: 30 - 40 % para las vacas y menor para terneros.

El valor nutritivo de éstos alimentos es equivalente a una unidad forrajera por kilo.

De esta digestibilidad debe excluirse el arroz sin des cascar, el sorgo, y el mijo, puesto que éstos alimentos son al go mas difíciles de digerir.

Semillas de Leguminosas: Las habas, los guisantes, los garbanzos, la veza, etc., pueden ser considerados como alimentos con centrados esencialmente protéicos (portadores de proteína).

Su composición media es la siguiente:

Agua:_____	12	%
Proteína:_____	20 a 30	%
Hidratos de carbono solubles:_____	50 a 70	%
Fibra bruta: aproximadamente _____	8	%
Sustancias minerales:_____	3	%

El valor nutritivo medio en unidades forrajeras oscila alrededor de 0.9 - 1.0 unidades forrajeras por cada kilo.

### Forrajes de Gramíneas:

Entre ellos encontramos la avena tierna, el forraje de trigo y cebada, el maíz forrajero, el sorgo forrajero, el pasto sudan, buen número de hierbas de prado de tipo gramíneas, etc.

Estos alimentos pueden ser considerados como volumétricos, acuosos, esencialmente energéticos, es decir, que la materia seca tiene mayor contenido en energía que en proteína.

Su composición media es, con bastante variación, la siguiente:

Agua:_____	70 a 80 %
Proteínas:_____	2 a 4 %
Hidratos de carbono solubles:_____	7 a 9 %
Grasas:_____	0.5 a 1 %

Para calcular su valor nutritivo medio en unidades forrajeras puede considerarse como norma general que cada 8 - kilogramos de forraje verde de éstas características equivalen a una unidad forrajera.

La digestibilidad de las proteínas es del orden de un 50 a un 70 % y la fibra también tiene una digestibilidad entre el 70 y el 80 %.

### Forrajes de leguminosas verdes:

La alfalfa en verde, la esparceta, el trébol, las habas verdes, los guisantes, la veza, etc., pueden ser considerados como alimentos de volumen acuoso y proteícos.

Su composición media, con variaciones es:

Agua:_____	75 a 85 %
Proteínas:_____	3 a 5 %
Grasa:_____	0.6 a 0.8%
Fibra bruta:_____	4 a 7 %

Su valor nutritivo medio en unidades forrajeras es muy parecido al de los cereales en verde, aunque, siendo al - go menos concentrados y con mayor contenido de agua, quizá se precise de  $\frac{1}{2}$  kilogramo mas de forraje para producir la undad forrajera; es decir, 8.5 kilogramos.

La digestibilidad de las proteínas es del orden del - 70 %.

### Pajas de Cereales:

La paja de trigo, la de cebada, la de avena, que son las mas comunmente usadas, deben ser consideradas como alimentos de volumen fibrosos y energéticos.

Su composición media es la siguiente:

Agua: \_\_\_\_\_ 14 %

Proteína bruta: \_\_\_\_\_ 3 a 4 %

Grasa: \_\_\_\_\_ 1.8 a 2 %

Fibra bruta: \_\_\_\_\_ 30 a 40 %

En cuanto al valor nutritivo, podemos decir que con - 5.5 kilogramos de cualquiera de las pajas mencionadas obtendremos la unidad forrajera.

\* Para formular y balancear la ración alimenticia de los animales, se recomienda seguir cualquier método descrito en libro de Trujillo, Figueroa V., Metodos matemáticos para la - formulación de raciones balanceadas en la producción animal (30).

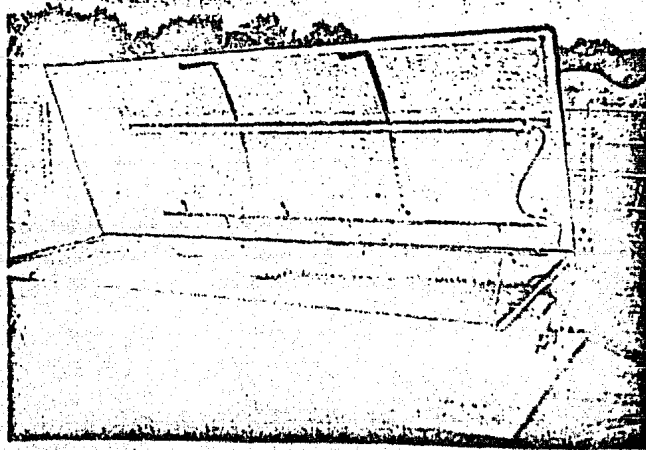


## XI-OPCIONES DE CONSTRUCCION. (23,24)

Durante los pasados diez años los sistemas para la producción de alimentos basados en hidroponía han sido estandarizados, perfeccionados y usados ampliamente en ciudades áridas, ahora la tecnología es disponible para la producción de forrajes frescos, los módulos o unidades de producción pueden construirse en un rango variado de tamaños dependiendo de las necesidades de los productores.

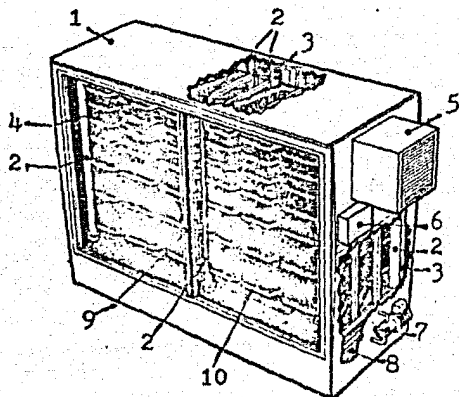
### Un módulo de un solo piso.

Este pequeño modulo mide 2.75 m. de largo, 0.90 m. de ancho, 0.60 m de alto, puede situarse dentro o fuera de una construcción. Está construido de una base de fibra de vidrio con una tapa levantable por bisagras, contiene en su interior ocho charolas en las cuales se cultiva el forraje desde semilla. El agua es asperjada automáticamente a intervalos de tiempo, por cuatro aspersores, la temperatura y la iluminación son controladas automáticamente para proporcionar las condiciones óptimas de cultivo para el forraje en cuestión, cebada, avena, etc.. Bajo condiciones apropiadas de operación, el módulo de un solo piso produce arriba de 14 kilogramos de forraje fresco cada día, suficiente para alimentar a mas de dos caballos, dependiendo de el nivel de ración del forraje fresco producido.

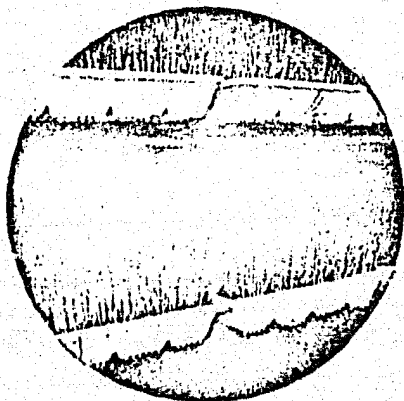


Un módulo que proporciona arriba de 75 kilos.

Este otro módulo puede producir arriba de 75 kilos de forraje fresco cada día, en su interior el módulo contiene 42 charolas, y mide 2.75 m. de largo, 0.90 m. de ancho, y 2.15 m. de alto. Este módulo es similar a el anterior a diferencia de que tiene puertas verticales para el acceso a el interior del módulo, está incorporado un sistema semiautomático con el cual cambia la posición de las charolas en el estante disminuyendo los requerimientos en tiempo para tal labor, con respecto a la luz y el agua, el principio es el mismo, éste módulo cuenta con 6 lámparas fluorescentes 7 líneas de riego y 42 aspersores.

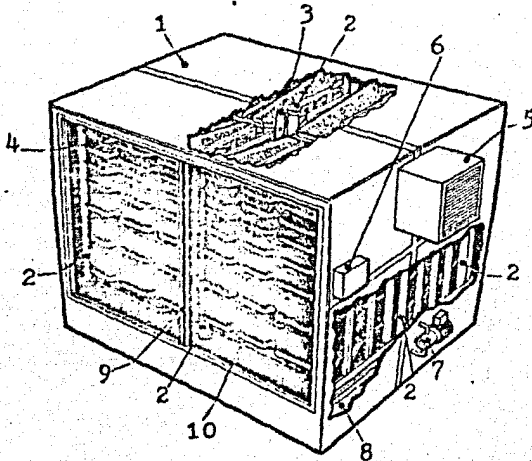


- 1.- Paredes aislantes
- 2.- Lámparas fluorescentes
- 3.- Aspersores
- 4.- Charolas con semilla
- 5.- Unidad para el control del medio ambiente
- 6.- Control eléctrico
- 7.- Bomba para agua
- 8.- Tanque para agua y solución nutritiva
- 9.- Puertas corredizas
- 10.- Charolas para cosechar



Un módulo que proporciona arriba de 150 kilos.

Produciendo arriba de 150 kilos de forraje fresco todos los días, éste modelo puede ser empleado en establecimientos ecuestres, corrales de cuarentena, etc, proveiendo forraje fresco para alrededor de 20 caballos. Este modelo también es semiautomático, y contiene 84 charolas con semilla. Como los otros modelos, está construido de fibra de vidrio dura; durable y facil de limpiar. Este modelo mide - 2.75 m. de largo, 2.15 m. de ancho, y 2.15 m. de alto.

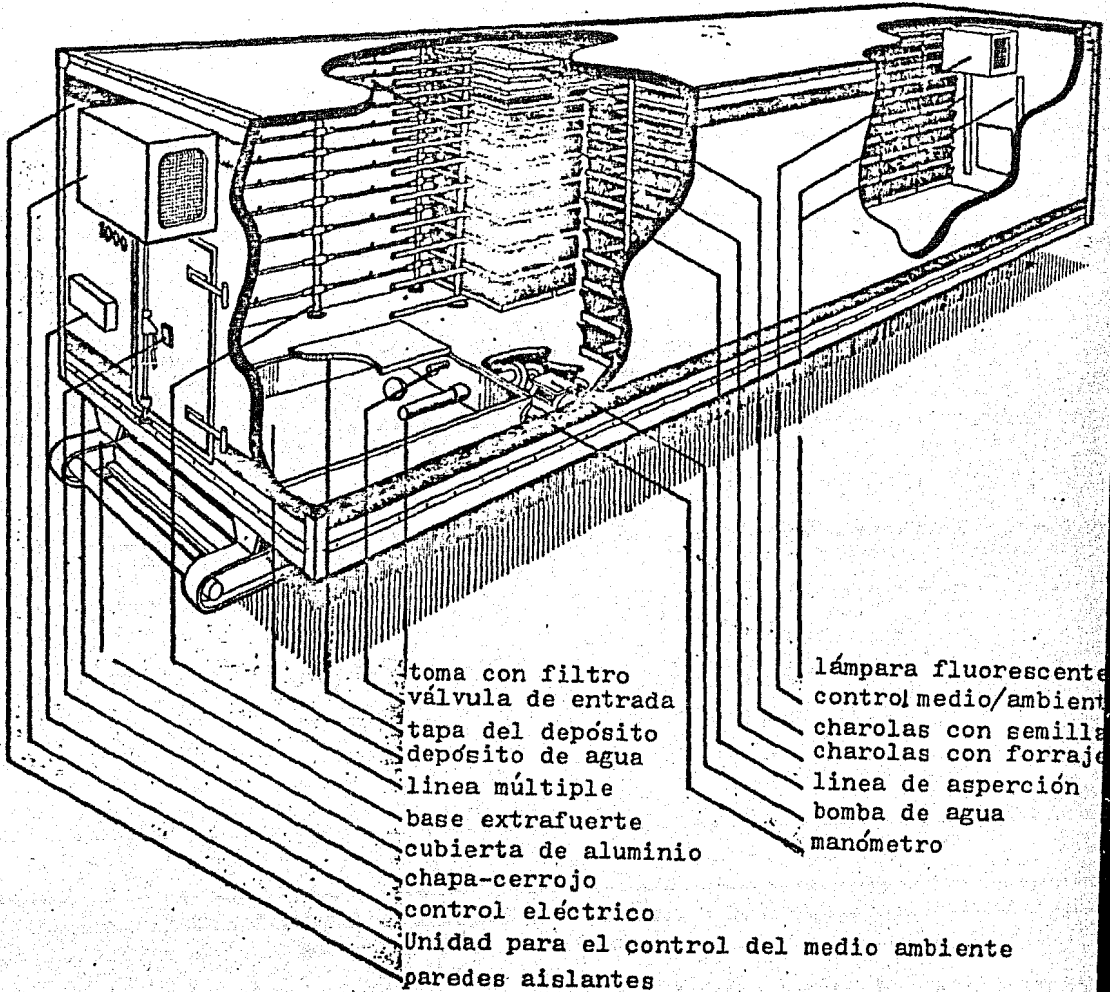


- 1.- Paredes aislantes
- 2.- Lámparas fluore -  
scentes
- 3.- Aspersores
- 4.- Charolas con semilla
- 5.- Unidad para el control del medio ambiente
- 6.- Control eléctrico
- 7.- Bomba para agua
- 8.- Tanque para agua y solución nutritiva
- 9.- Puertas corredizas
- 10- Charolas listas para cosechar



Un módulo que proporciona arriba de 1000 kg.

Es un módulo construido al alto brillo, reforzado con poliestireno expandido y aislado termicamente, tiene dos puertas de acceso, con mecanismos de liberación de cerradura de = circuitos, la unidad requiere un continuo suministro de semilla, electricidad, agua y nutrientes, para producir arriba de una tonelada de forraje fresco por día.



Cada unidad está provista con un teclado manual operado semiautomáticamente, una estantería conteniendo 648 charolas para cultivo, de las cuales 81 charolas son sembradas diariamente. Estas charolas de 1.7 kilogramos de semilla cuando son cosechadas promedian 12.5 kilogramos de forraje fresco el área total cultivada en charolas es de 190 m<sup>2</sup>.

Cada unidad está provista de 2 unidades de aire acondicionado, en el interior dos ventiladores para circulación del aire, la unidad está termostáticamente controlada y diseñada para mantener el interior a una temperatura de 20°C +/- 2°C, con temperaturas ambientales externas de -15 a +50°C

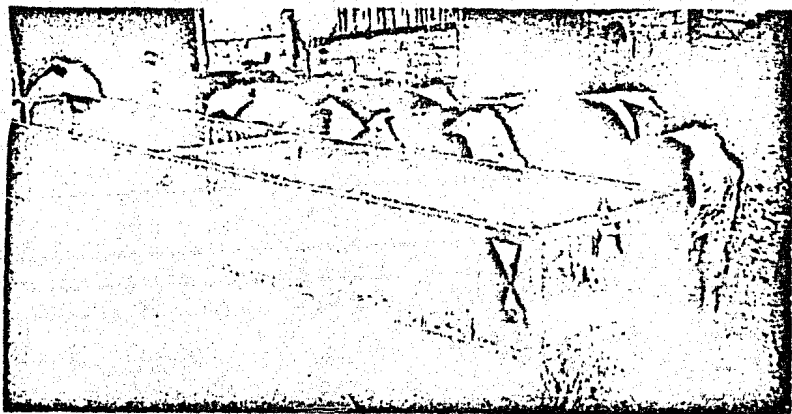
Cada unidad está equipada con un sistema para solución nutritiva, ésta circula automáticamente a un sistema con ductor con distribución por aspersores localizados sobre cada estrato de charolas de cultivo, los ciclos de asperción son controlados por un programa ajustado automáticamente,

Cada unidad está provista de luz fluorescente especialmente instalada. El alambrado eléctrico es para 240 volts 50 ciclos, 40 ampers o puede ser para 110/120 volts, 50/60 ciclos.

Cada unidad ocupa 31 m<sup>2</sup> de terreno y puede colocarse cerca de los comederos de los animales.

Sus medidas externas son:

Largo	10.50 m.	Alto	3.50 m.
Ancho	2.90 m.	Peso	5.0 ton.



OPCIONES PARA EL MANEJO DEL SISTEMA. (23,24,28)

Independientemente del tamaño del módulo, el principio de operación es el mismo. Para mantener todos los días la continua producción de forraje fresco, el número apropiado de charolas a sembrar diariamente es: una para el módulo de un solo piso, seis para el módulo de 75 kg., doce para el de 150 kg., y ochenta y uno para el de 1000 kg.

La semilla sembrada es previamente remojada para prever una germinación pareja.

Las charolas son colocadas en el interior del módulo donde el agua es asperjada automáticamente cada seis horas, el sistema de asperción, los tubos de luz fluorescente y los termómetros son chequeados regularmente, el depósito de solución nutritiva es continuamente lavado con una solución clorinada. Las charolas están listas para cosecharse después de transcurridos siete días completos. El requerimiento de labor es de 15 a 40 minutos dependiendo del módulo a emplear.

Por regla general para los niveles de alimentación en los animales de campo podemos señalar que la mínima cantidad de alimento no debe ser menor de 1.5 kg. de forraje fresco por 100 kg. de peso vivo, y el nivel máximo es el 50% de la materia seca que debe consumir el animal.

A continuación se dan algunas ideas de manejo, cada formulación está basada para animales de 500/600 kg. de peso vivo produciendo 20/25 litros de leche por día:

VACAS LECHERAS;

Ración con un alto volumen de forraje fresco producido:

43 kg forraje fresco	17%	M.S.	12.6	E.M.	7.7	total	97.0	E.M./
6 kg sales de amonio	85%	"	8.8	"	5.1	MS.	45.0	M.S.
2.5kg pastel	86%	"	13.7	"	2.2	"	30.0	"
					15.0	"	172.0	"

\* M.S. materia seca, E.M. energía metabolizable(MJ/kg MS)

Ración con un volumen medio de forraje fresco producido:

cantidad/kg.	M.S.	E. M.	total	E.M./
			M.S.	kg. M.S.
2 kg de cebada/grano y paja	85 %	13.7	1.7	23.3
3 ' de pastel	86 %	13.7	2.6	35.6
22 ' de ensilado	23 %	10.0	5.1	51.0
22 ' de forraje fresco	17 %	12.6	3.7	47.1
3 ' de paja	86 %	6.3	2.6	16.3
			15.7	173.3

Ración con un volumen bajo de forraje fresco producido:

2 kg. de paja	86 %	6.3	1.7	11.2
6 kg. de pastel	86 %	13.7	5.2	70.7
30 kg. de silo	23 %	10.0	6.9	69.0
11 kg. de forraje fresco	18 %	12.6	1.9	24.0
			15.7	174.9

Ración convencional:

7 kg de pastel	86 %	13.7	6.0	82.5
30 kg de ensilado	23 %	10.0	6.9	69.0
12 kg de alimento fresco	13 %	12.9	1.6	20.1
			14.5	171.6

VACUNO DE ENGORDE: con ganancia diaria de 0.9 kg por día yRación convencional: con animales de 400 a 450 kg. de peso vivo.

25 kg de ensilado	20 %	9.5	5.0	47.5
3 kg de paca de cebada	86 %	12.8	2.7	34.6
			7.7	82.1

Ración con forraje fresco:

6 kg de sales de amonio	85 %	8.8	5.0	45.0
16 kg de forraje fresco	18 %	12.6	2.9	36.5
			7.9	81.5

CARNERO - OVEJA PREÑADA:

Ración convencional, animales con peso de 60 kg, esperando parir en cuatro semanas o esperando gemelos:

	M.S.	E.M.	M.S. total	E.M./kg.M.S.
0.75 kg. de heno	85 %	8.4	0.64	5.36
2.0 kg de barredura	12 %	12.8	0.24	3.07
			0.88	8.43

Ración con forraje fresco:

3.5 kg. de forraje fresco	18%	12.6	0.63	7.94
paja a libre consumo				

CARNERO - ENGORDE DE CORDEROS:

Ración convencional, carneros con 25 kg. de peso vivo, establecidos con requerimientos para ganar 300 gr. por día.

1.25 kg. de alimento concentrado.	86 %	13.6	1.0	13.6
paja a libre consumo				

Ración con forraje fresco:

5.0 kg. de forraje fresco.	18 %	12.6	1.0	13.9
paja a libre consumo				

CABALLOS:

	promedio altura:	promedio forraje en peso:	fresco:
caballo de silla	15-2	450kg.	5-10kg.
caballo de salto	16-1	550kg.	5-10kg.
caballo de exhibición	16-1	550kg.	5-10kg.
caballo a prueba -trabajando	16-1	550kg.	3-7 kg.
-descansando	16-1	550kg.	5-8 kg.
caballo de carreras -trabajando	16	500kg.	1-2 kg.
-descansando.	16	500kg.	5-8 kg.



## XII-CONCLUSIONES

• El Sistema Básico para la Producción de Forrajes Frescos por Hidroponía está basado en los principios teórico-prácticos implicados en los sistemas actuales para cultivo hidropónico intensivo.

• El módulo diseñado y desarrollado, para la investigación realizada, cumplió su objetivo, permitió obtener todos y cada uno de los resultados aquí reportados, demostrando su amplia funcionalidad.

• El sistema desarrollado está condicionado básicamente al dominio de la tecnología aquí descrita.

• Con el sistema desarrollado se obtuvo producción de forraje fresco por hidroponía de: avena, cebada, maíz, sorgo, trigo, triticale, y, garbanzo.

• El análisis bromatológico efectuado a los diferentes forrajes producidos permite establecer puntos de comparación concretos en cuanto al posible aprovechamiento de éstos.

• Las diferentes opciones de construcción planteadas y el manejo del sistema enmarcan la producción comercial de forrajes frescos por hidroponía.

• El sistema desarrollado puede ser adoptado en explotaciones comerciales con diferentes tipos de animales, especialmente cría y engorde de terneros.

### XIII- VENTAJAS DEL SISTEMA DESARROLLADO:

• En el sistema, además del módulo, no se requiere maquinaria agrícola.

• La producción de diversos forrajes frescos se puede - realizar en un ciclo agrícola.

• El ciclo de cultivo de éstos forrajes frescos por hidroponía dura solo ocho días.

• El forraje fresco es producido y cosechado día a día y en cualquier época del año.

• La producción puede programarse.

• La calidad y el nivel de rendimiento pueden mantenerse constantes.

• El forraje fresco producido es limpio, no hay posibilidades de contaminación por parásitos o materiales extraños al cultivo.

• Las condiciones en el interior del módulo son casi estériles.

• El forraje producido no contiene residuos de productos agroquímicos.

• La cosecha es manual, sencilla; simplemente levantando la enredadera de forraje con todo y raíz.

• El tiempo de labor dentro del módulo es mínimo.

• Puede automatizarse el sistema.

• Un solo hombre puede realizar la labor necesaria para producir una tonelada de forraje fresco por día empleando un solo módulo del tamaño de un trailer.

• Se pueden obtener distintos forrajes; Avena, Cebada, Maíz Trigo, Triticale y, Garbanzo.

• El forraje fresco producido es nutritivo, apetitoso, refresca el sistema digestivo y estimula el apetito para otros alimentos.

• El pastisal natural existente puede ser mejorado como

un resultado directo del empleo de un módulo de producción de forrajes frescos por hidroponía; reduciendo la carga animal, apasentamiento y alimentación selectiva.

El rendimiento anual de un módulo comercial es comparable en equivalencia a un buen número de hectareas de tierra agrícola.

Dependiendo del tamaño del módulo y el nivel de alimentación adoptado, una tonelada de forraje fresco producido diariamente es suficiente para: 25 - 120 vacas, o 30 - 120 - toros, o 100 - 350 ovejas o cabras etc.

Ahora usted puede olvidarse de la estacionalidad de calidad o productividad; alta o baja, de pasturas y el continuo malabareo de las raciones.

Cualquier tipo o número de animales forrajeros puede ahora beneficiarse con la alimentación diaria de forrajes frescos por hidroponía, obtenidos de un módulo comercial.

El forraje fresco producido es fácil de administrar y ofrecer a los animales, se puede ofrecer, entero (raíz-follaje) cortado, solo o mezclado, con el resto de la ración.

Las raciones con alimento fresco pueden mejorar la producción de leche, mantequilla, carne engordada, sólidos disueltos, etc.

La alimentación con forrajes frescos puede mejorar la salud de los animales estabulados y su nivel de fertilidad.

La investigación multidisciplinaria brinda otros caminos para una agricultura moderna.

-----

#### XIV-B I B L I O G R A F I A.

- 1 .- I.N.I.A., 1981, Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el Estado de Chihuahua. C.I.A.N.-C.A.E.D., Chih, México. pp. 9 a 28, 45 a 50.
- 2 .- Lehninger, A., 1979, Bioquímica. Omega S.A., España. pp. 599 a 628, 643 a 653.
- 3 .- Whatley, J., 1980, Light and plant growth. Camelot press., Gran Bretaña. pp. 1 a 26.
- 4 .- Lehninger, A., 1975, Bioenergética. Fondo educativo interamericano S.A., U.S.A. pp. 97 a 118.
- 5 .- Richter, G., 1980, Fisiología del metabolismo de las plantas. C.E.C.S.A., México. pp. 98 a 143.
- 6 .- Rojas, M., 1981, Fisiología vegetal aplicada. Segunda edición. McGraw-Hill., México. pp. 80 a 89.
- 7 .- Departamento de agricultura de los E.U.A., 1979, Semillas. C.E.C.S.A., México. pp. 41 a 47, 190 a 222.
- 8 .- Hartmann, Kester, 1982, Propagación de plantas. C.E.C.S.A. México. pp. 82 a 88, 146 a 165.
- 9 .- Bracegirdle, Miles, 1975, Atlas de estructura vegetal. Paraninfo., España. pp 118 a 119.
- 10.- Hudson, J., 1967, Control del medio ambiente de la planta. Omega S.A., España. pp. 17 a 261.
- 11.- Kathryn, L., 1976, Greenhouse gardening. Lane Co. U.S.A. pp. 7 a 55.

- 12.- Taboada, A., 1975, Manual OSRAM. OSRAM S.A., España. pp. 215 a 235.
- 13.- I.P.N., 1970, Tecnología del taller de electricidad. I.P. N., México. pp. 93 a 148.
- 14.- Gomez, P., 1979, Riegos a presión aspersión y goteo. Segunda edición. AEDOS., España. pp. 10 a 17, 82 a 88.
- 15.- Gill, Vear, 1965, Botánica agrícola. Acribia., España. pp. 259 a 334.
- 16.- Grandcourt, Prats, 1969, Los cereales. Mundi prensa, España. pp. 11 a 280.
- 17.- Robles, S., 1981, Producción de granos y forrajes. Segunda edición. Limusa, México. pp. 9 a 480.
- 18.- Flores, M., 1980, Bromatología animal. Limusa, México. pp. 32 a 420.
- 19.- Huterwal, G., 1966, Hidroponía. Hobby, Buenos Aires. pp. 84 a 149.
- 20.- Tourner, H., 1980, Theory and operation of the nutrient solution. Wiley & Sons, U.S.A.. pp. 10 a 40.
- 21.- Mortvedt, J., 1983, Micronutrientes en agricultura. AGT. S.A., México. pp 194 a 200.
- 22.- National Laboratories, 1981, Roccal. Lehn & Fink Industrial, U.S.A. pp 1 a 4.
- 23.- Agro-síntesis, 1981, pradera de probeta. Año Dos Mil, México. Vol. 12 No 7. pp 20 a 29.
- 24.- Hydrodan, C., 1982. Landsaver unit. Hydrodan, Gran Bretaña.

ña. pp. 1 a 25.

- 25.- Little, Hills, 1979, Metodos estadisticos para la inves-  
tigación en la agricultura. Trillas, México. pp. 52 a 57.
- 26.- Morfin, L., 1982, Manual de bromatología. F.E.S.C. U.N.A.  
M., México. pp. 95 a 119.
- 27.- McDonald, Edwards, 1979, Nutrición animal. Segunda edi-  
ción. Acribia, España. pp. 14 a 16, 184 a 257.
- 28.- Hillier, R., 1969, Effect of hydroponically produced oat  
grass on ration digestibility of cattle. Journal of Ani-  
mal Science 29 (5). pp. 783 a 785.
- 29.- Oms, D., 1979, Explotación bovina. Sertebi, España. pp.  
17 a 19, 190 a 196.
- 30.- Trujillo, F., 1979, Metodos matematicos para la formula-  
ción de raciones balanceadas en la producción animal. CE  
NAPRO A.C., México. 265 p. (revisión técnica).
- 31.- National Plant Food Institute, 1978, Manual de fertilizan-  
tes. Limusa, México. pp. 66 a 67.
- 32.- Orozco, D. 1977, Analisis Químico Cuantitativo. Novena  
edición, Porrúa, México. pp. 270 y 271.

- - - - -