

# LA ECOLOGIA DE LA PAPA

Lauro Lujan \*

## I. AMBIENTACION AL TEMA ORIGINAL "ECOLOGIA"\*\*\*



En el informe "NUESTRO FUTURO COMUN", presentado por la comisión de Desarrollo de la ONU (Comisión Bruntland), se estableció el concepto de desarrollo sostenible con el criterio de: "Utilizar los recursos naturales para satisfacer las necesidades actuales, sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas".

Definitivamente el desarrollo sostenible es una necesidad porque, sólo el cumplimiento de una proposición futurista puede garantizar mejor calidad de vida a las nuevas generaciones de la población humana, mediante una agricultura social y económicamente sostenible y responsable de la conservación de los recursos naturales. Por lo tanto, el futuro de la producción y utilización sostenible y rentable de la papa, dependerá básicamente del uso racional de los insumos agrícolas y de la protección y conservación del medio ambiente.

Después de la publicación del libro Primavera Silenciosa ("Silent Spring") de Rachel Carson en 1.962, el uso y manejo adecuado de los insumos agrícolas ha mejorado notablemente hasta el extremo de promover la agricultura orgánica. Actualmente, en Colombia existen disposiciones específicas para orientar y supervisar el uso y manejo de insumos agrícolas como el Decreto 1843 de Julio 22/94, por el cual, "se reglamenta el uso y manejo de plaguicidas, con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro al medio ambiente". Indudablemente, los más interesados en el cumplimiento de dichas normas son los fabricantes y distribuidores de plaguicidas, así como los usuarios capacitados.

En cambio, la protección y preservación del medio ambiente todavía enfrenta la incertidumbre científica, económica y política, de acuerdo con la situación real de cada problema. Es innegable que la erosión de los recursos naturales se inició con las primitivas agrupaciones humanas, sin embargo, las culturas nativas respetaron su medio ambiente, para garantizar la seguridad alimentaria de la población autóctona.

Con el vertiginoso aumento de la población humana y con mentalidad industrial, desde hace 200 años, se intensificó la destrucción y contaminación de los recursos naturales propios y ajenos, hasta el grado de estimular una reacción proteccionista.

Hasta el presente, los ecologistas del mundo han creado diversas organizaciones, por ejemplo, La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN - organización independiente fundada en 1948), el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el movimiento británico Pazverde ("Greenpeace"), Los amigos de la Tierra, el club de Roma y otras. Entre sus acciones se destacan la Reunión de Estocolmo en 1972, el primer Informe del Equipo Meadows de MIT advierte que: "el crecimiento demográfico, el agotamiento de recursos y la contaminación ambiental llevarían la tierra al desastre". Bajo el lema "Cuidar la Tierra y sus habitantes" se realizó la Conferencia de la Organización de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en

\* Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph. D. Asesor Técnico de FEDEPAPA, Bogotá.

\*\* ECOLOGIA, En Manual de Papa. Temas de Orientación Agropecuaria: 1977. Ed. Rubén Ruiz Camacho.

la Cumbre de la Tierra o ECO 92 en Río de Janeiro, Brasil (Junio 4-14/92), donde el principal documento discutido fue la Agenda 21 o programa para hacer viable el concepto de desarrollo sostenible. También se creó el Fondo Mundial para el Medio Ambiente ("GEF-Global Environment Facility") y además, existe la organización privada Fondo Mundial para la Vida Salvaje ("WWF-World Wildlife Fund"). A ECO 92 siguió la 19 Asamblea Mundial de UICN en Buenos Aires, Argentina (Enero 24-26/94), con el fin de convertir la Agenda 21 en Proceso 21 y así, prosiguieran otras reuniones cada vez más específicas.

Pero no todas las acciones de protección son bien intencionadas, algunos ecologistas radicales en Europa (Pazverde y Amigos de la Tierra) están impidiendo avances científicos que podrían producir más alimentos con menos deterioro ambiental. Por ejemplo, entre muchos se conoce el caso en que unos 20 activistas fanáticos y politizados llegaron de noche a un lugar próximo a la estación de investigación agrícola de Changins, Suiza, se encadenaron a la cerca de una parcela de plantas experimentales y al día siguiente distribuyeron a los medios de comunicación una propaganda que decía: "Los jugos temerarios de estos científicos representan riesgos incalculables para el ambiente y para la humanidad". A este respecto el hecho real es que: "En su laboratorio de Changins, Pia Malnoe, bióloga molecular, había implantado fragmentos de material genético en unas células de papa, para que la planta se protegiera a sí misma de ciertos virus que destruyen una quinta parte de la cosecha mundial de este tubérculo" (Dyson, 1994).

Aunque las acciones positivas del industrial y ecologista suizo Stephan Schmidheiny (Saseen, 1994), son más que suficientes para desmitificar las acciones de temor e incompreensión de ecologistas radicales y alarmistas, los científicos de todo el mundo en su "Llamado de Heidelberg" (1992) advierten a los jefes de Estado que no tomen decisiones irracionales basadas en argumentos pseudocientíficos e información falsa y no pertinente (Dyson, 1994). O en otras palabras y de acuerdo con el pensador austriaco Karl Papper (citado por Díaz, 1994): "Si queremos conformar una sociedad razonable, es indispensable que aprendamos a diferenciar con claridad lo que es un conocimiento científico, de lo que son solo creencias o convicciones políticas o religiosas no fundamentadas".

En Colombia la Constitución de 1991 es una Constitución Verde. Basta mencionar el Artículo 79 del Capítulo 3 que dice: "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo".

"Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines".

Estas disposiciones fundamentales fueron complementadas con la Ley 99 de Diciembre 22 de 1993, por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones. El Ministerio del Medio Ambiente es el corazón del sistema, como ente rector de la política y de la acción ambiental a nivel nacional. Además, para garantizar un medio ambiente sano, el Gobierno Nacional reglamentó la expedición de las licencias ambientales mediante el Decreto 1753 de agosto 3 de 1994.

Los fundamentos de la política ambiental colombiana están contenidos en el Capítulo 1 de la Ley 99 de 1993 y en su Artículo 1 se presentan los 14 principios generales ambientales; aquí se transcriben sólo los cuatro primeros:

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la declaración de Río de Janeiro de Junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
2. La biodiversidad, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.
3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.

Por otra parte, la Ley 101 de Diciembre 23 de 1993, es la Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. Esta Ley desarrolla los artículos 64, 65 y 66 de la Constitución Nacional de 1991 y basta mencionar el primer propósito fundamental del Artículo 1 que dice: "Otorgar especial protección a la producción de alimentos."

Con todos estos antecedentes se llega al convencimiento de que, la cultura de la papa debe entenderse desde su domesticación por los Collas a 4000 m.s.n.m. en la cuenca del Lago Titicaca, hasta la consolidación de la producción y utilización sostenible del tubérculo, con base en la investigación y la efectiva transferencia de los resultados. Los trabajos de generación y transferencia de tecnología sobre la papa, realizados hasta el presente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), serán continuados por el convenio de concertación UNIPAPA, suscrito en Bogotá (Septiembre 16/94) por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, el ICA y FEDEPAPA. UNIPAPA, significa unión para la investigación y transferencia de tecnología en papa.

De acuerdo con el propósito de la producción de papa ya sea para consumo fresco, para procesamiento industrial o para semilla, el conocimiento de la adaptación ecológica de las diferentes especies y variedades, es un aspecto fundamental

para el manejo adecuado de este cultivo de clima frío. Porque la interacción entre suelo y clima tienen marcada influencia sobre el período vegetativo, la intensidad de ataque de enfermedades y plagas, el rendimiento, la calidad y la conservación del producto, etc. Además, desde el punto de vista agronómico en general, el rendimiento depende de la interacción del tamaño de semilla, distancia de siembra y dosis de fertilizante, para cada variedad y en cada localidad.

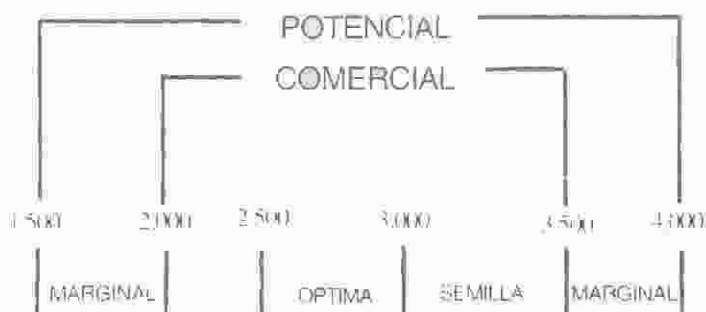
Finalmente, se espera que las observaciones generales mencionadas en el presente trabajo, estimulen la investigación de aspectos esenciales en proyectos específicos que serán desarrollados por UNIPAPA, para mejorar la producción y utilización sostenible y rentable de la papa en el país.

## 2. ZONAS PRODUCTORAS

En Colombia la papa se cultiva principalmente en clima frío y páramo, de acuerdo con el concepto general de los pisos térmicos más conocido como zonas de vida o ecosistema de Holmgren. El término ecosistema se refiere a la unidad dinámica fundamental que incluye tanto a los organismos, insertos en las respectivas comunidades, como el ambiente físico, las propiedades de los componentes físicos y biológicos de un ecosistema se influyen recíprocamente, y esas interacciones son frecuentemente complejas.

### ZONAS PRODUCTORAS DE PAPA EN COLOMBIA

(Altitud metros sobre el nivel del mar-m.s.n.m.)



El área potencial de producción de papa comprende zonas localizadas entre 1.500 y 4.000 m. de altitud. La producción comercial se realiza entre 2.000 y 3.500 m. y la zona de producción óptima, determinada en función de cantidad y calidad del producto corresponde a fincas localizadas entre 2.500 y 3.000 m. Existen dos zonas de producción marginal en las cuales los principales factores limitantes son enfermedades y plagas hacia el clima templado entre 1.500 y 2.000 m y heladas en las zonas altas entre 3.500 y 4.000 de altitud.

El 90% de la producción comercial de papa se realiza en terrenos de ladera y el 10% en suelos planos mecanizables. Para mejor comprensión de las variaciones agroecológicas,

entre 2.000-3.500 m de altitud se distinguen tres zonas productoras de papa que son: Zona alta o páramo de 3.000-3.500 m, zona intermedia o sabana de 2.500-3.000 y zona baja libre de heladas de 2.000-2.500 m.

Por experiencia milenaria de los pueblos andinos, la zona alta o páramo es la preferida para la multiplicación y mantenimiento de semilla sana, debido a la escasa población y limitada movilidad de los vectores de virus de la papa, bajo las condiciones generales de temperatura media inferior a 10°C, humedad relativa por encima de 80% y deficiente luminosidad. Una evaluación reciente realizada por Sanchez et al. 1992, confirma la validez del concepto anterior. También debe mencionarse que, las plantas madres expuestas a temperaturas ambientales de 6-10°C durante 2-4 meses, originan plántulas libres del viroide PSTVd (Salazar et al. 1983), por dicha razón, en Colombia no existe el viroide PSTVd que produce síntomas de tubérculo ahusado. Además, en el páramo la intensidad de ataque de enfermedades y plagas es menor. El efecto benéfico de la migración de semilla sana hacia las zonas intermedias y bajas esta pendiente de investigación, especialmente debe compararse el rendimiento económico de la primera y segunda generación en dichas zonas.

Por otra parte, la papa de consumo producida en suelos orgánicos y húmedos de los páramos es de calidad inferior por su alto contenido de azúcar mayor de 0.2% y bajo contenido de materia seca (MS) menor de 20% y mala conservación, por lo cual, no es apta para la industria de papa frita y el consumidor la conoce como paramuna. En cambio en la zona intermedia, más conocida como sabana en los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, se produce papa de consumo de excelente calidad y buena conservación y es apta para la industria de papa frita, por su bajo contenido de azúcares menos de 0.2% y MS por encima del 20%. Esta papa seca y harinosa el consumidor la conoce como 'sabanera', aunque esa denominación corresponde más acertadamente a la variedad Tuquerreña producida en los Municipios de Toca y Siachoque de Boyaca.

La papa para consumo fresco se produce en las tres zonas porque, el consumidor no impone estrictas normas de calidad como la industria. En algunas zonas altas con suelos arcillosos y clima relativamente seco, se produce papa de consumo fresco de buena calidad. También en la zonas bajas y húmedas sin peligro de heladas, se puede producir papa industrial en cultivos escalonados con la precaución de eliminar el agua excedente especialmente durante el período de cosecha, para evitar que el agua absorbida por el tubérculo disminuya su contenido de MS.

Actualmente la cosecha anual aproximada de 4.000.000 de toneladas de papa se utiliza el 70% en consumo fresco, 10% en la industria de papa frita 10% como semilla y 10% se desperdicia. La demanda interna de productos procesados va en continuo aumento y en Venezuela, también se requiere materia prima para su industria de papa frita, por lo cual, FEDEPAPA promueve la producción de papa industrial en terrenos planos mecanizables con el fin de disminuir gradualmente la producción de papa en la zona alta, porque el páramo

debe destinarse casi exclusivamente a la multiplicación y mantenimiento de semilla sana, bajo la estricta responsabilidad de evitar la erosión del terreno, a semejanza de los inventores de la agricultura andina.

En general, el cultivo de papa requiere condiciones ambientales que permitan un rápido desarrollo de follaje y una eficiente acumulación de carbohidratos en los tubérculos. Durante el período de crecimiento y desarrollo de la planta de papa se distinguen tres fases.

La primera se inicia con la brotación de los tubérculos en la bodega y continúa con la emergencia del suelo y avanza hasta la expansión de las primeras hojas de los tallos principales que son los que nacen directamente del tubérculo madre.

La segunda que se inicia con el crecimiento de las ramificaciones de los tallos aéreos y de los órganos subterráneos y termina cuando la planta alcanza su mayor área foliar (AF). Una producción bastante alta de metabolitos pasan a las ramificaciones axilares que disminuyen y se interrumpen casi por completo a medida que se incrementa la translocación de estos a los tubérculos.

La tercera fase corresponde a la maduración y se extiende desde el máximo crecimiento del follaje hasta la senectud de tallos, raíces y engrosamiento de los tubérculos. Las reservas

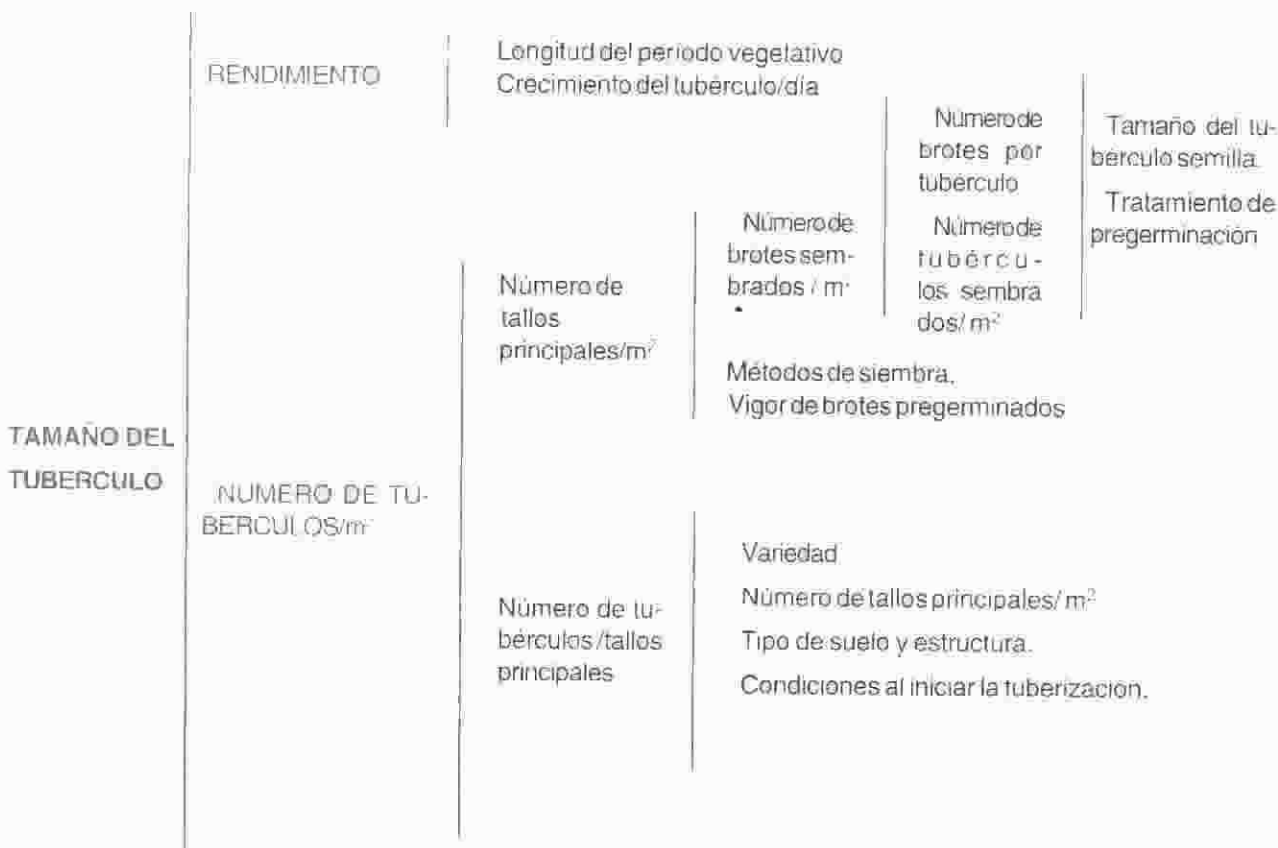
de metabolitos del follaje y raíces se movilizan y translocan a los tubérculos.

La tuberización y el período de crecimiento activo de los tubérculos de una variedad, dependen de su constitución genética y de la interacción de factores ambientales que se sintetizan en los esquemas 1 y 2 de van der Zaag, 1973.



ESQUEMA 1

Esquema 1. Factores que influyen en el tamaño del tubérculo (van der Zaag, 1973)



## ESQUEMA 2

Esquema 2. Factores que influyen sobre el contenido de materia seca de los tubérculos. (van der Zaag, 1973)

<b>CONTENIDO DE MATERIA SECA DEL TUBÉRCULO</b>	Maduración de los tubérculos	Variedad Fecha de cosecha Tipo de crecimiento
	Tipo de crecimiento	Variedad Edad fisiológica de la semilla y brotes Longitud del día Temperatura Intensidad de luz Disponibilidad de luz Disponibilidad de agua Condiciones de suelo Disponibilidad de N.
	Absorción de agua y nutrimentos	Variedad Condiciones del suelo Condiciones ambientales Disponibilidad de N, P, K y Cl

### 3. EFECTO DEL CLIMA Y SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD

El rendimiento y calidad de cualquier variedad de papa depende principalmente del tipo de suelo y clima. Aunque la producción y calidad es el resultado de la interacción de la planta con los factores agroecológicos durante el período vegetativo del cultivo, por conveniencia, se discuten separadamente los efectos esenciales de la luz,  $CO_2$ , temperatura, agua y translocación, con base en los textos de ora Smith (1968), W.G. Burton (1966), P.M. Harris (1978) y H.P. Beukema y D.E. van der Zaag (1979).

#### 3.1 Luz: efecto del fotoperíodo

La influencia de la luz sobre el rendimiento y la calidad de la papa es determinada por el fotoperíodo o duración del día y la intensidad y calidad de la luz. La intensidad de luz que tiene menos de 20 ergios/cm<sup>2</sup>/segundo de energía total se considera fotoperiódicamente inactiva.

En general la respuesta de la papa a la duración del día es variable, desde algunas variedades que producen tubérculos solamente en días cortos, unas que son indiferentes al fotoperíodo y otras que tuberculan únicamente en días largos.

Para que una variedad produzca con éxito en determinada zona, es necesario que posea una óptima combinación de buena tuberización y adecuado crecimiento y duración del follaje. La diferencia entre variedades precoces y tardías es cuantitativa.

La tuberización es inducida por el balance hormonal, donde básicamente intervienen las Auxinas (Acido absico-

ABA) y las Gibberelinas (Acido gibberilico-GA). La formación del tubérculo se inicia con la supresión del desarrollo longitudinal del estolón y el desarrollo radial de los tejidos comprendidos entre el penúltimo y último nudos del estolón, complementado con la translocación continua de sacarosa. Además, existen otros factores externos que son los días cortos (fotoperíodo) y especialmente temperaturas nocturnas bajas.

Índice de cosecha (IC):

$$IC = \frac{\text{Peso de tubérculos}}{\text{Peso de follaje}}$$

El IC es mayor en días cortos debido a la temprana tuberización; sin embargo, con abundante follaje y larga duración del mismo bajo condiciones de días largos, los rendimientos parecen altos a pesar de la iniciación tardía de la tuberización. La luz continua impide la tuberización a 20°C. Los días con 14-16 horas de luz inducen la formación de mayor número de tubérculos pero más tarde mientras que con 9-10 horas de luz la tuberización se inicia muy pronto pero sin aumentar el número de tubérculos.

El efecto de la longitud del día sobre la producción de papa es básicamente un problema para los países localizados en las zonas templadas en ambos hemisferios. En cambio en los países de la zona tórrida o ecuatorial en donde se originó el cultivo de la papa, prácticamente el efecto del fotoperíodo es inexistente.

Con desconocimiento absoluto del potencial de producción de la papa en días cortos, en la literatura generalmente se

menciona que las mayores producciones de la papa se registran en condiciones de días largos. En nuestra opinión este criterio es completamente falso, porque, aunque la papa por su enorme plasticidad fenotípica puede adaptarse a diferentes condiciones, su mayor capacidad de producción puede registrarse en las tierras altas de la región ecuatorial como en el caso de la variedad ICA-Nariño que produjo 100 toneladas por hectárea en el municipio de Pupiales, Nariño a 2.900 m. de altitud en un lote comercial de 8 hectáreas y de la variedad ICA Puracé, que produjo 115 Tns./Ha. en Mosquera, Cundinamarca, un campo experimental de Tibaitatá; Las observaciones precedentes están de acuerdo con los resultados de producción obtenidos en África Ecuatorial donde se demostró que la duración del día no era factor más limitante de los rendimientos de la papa en los trópicos (Smith, 1968).

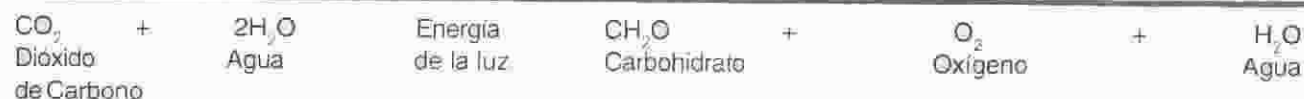
Ultimamente, se especula que la relación peso seco "HOJA-TALLO", podría, servir como factor determinante del hábito de crecimiento o tipo de follaje. Bajo este criterio, en las variedades de la *ssp. tuberosum* que tienen dicha relación alta y la posición de las hojas es relativamente horizontal, se desarrollaría un tipo de follaje cerrado. Mientras que, en el caso de las variedades de la *ssp. andigena*, la mencionada relación es

baja y la posición de las hojas es relativamente erecta, lo cual determinaría un follaje abierto. Además, se especula que la diferencia entre estos dos tipos de follaje afectaría la penetración de la luz en la cobertura foliar y por lo tanto, el uso eficaz de la luz captada por las hojas. Hasta el presente, no existen datos para sostener esta hipótesis y, lo conocido es que el uso eficiente de la luz captada depende de la temperatura, la intensidad luminica, la edad de las hojas y la apertura de los estomas.

### 3.2. Intensidad de luz

En los vegetales fotosintéticos terrestres, las hojas absorben un 25 ó 30% de luz solar que les llega, una parte se pierde por reflexión y el resto se utiliza para la evaporación del agua y para la fotosíntesis.

La iniciación de la tuberización es influenciada por la duración de la luz diaria, por consiguiente la energía de la luz recibida durante ese período tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento posterior de los tubérculos, porque la energía de la luz es un factor indispensable en la síntesis de carbohidratos mediante el proceso vital de la fotosíntesis:



En general, la intensidad de la luz depende de la localidad, época del año, nubosidad y la hora del día. La relación entre la intensidad de luz que incide sobre el follaje de la papa y el proceso fotosintético se determinó experimentalmente y se concluyó que aún a la baja concentración de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, en todo el rango desde la mínima hasta la máxima intensidad de luz (MIL) de  $7 \times 10^5$  ergios/cm<sup>2</sup>/seg. (1.4 Cal./cm<sup>2</sup>/min.); a un incremento de la intensidad de luz corresponde un aumento de la velocidad de fotosíntesis. Si la papa se siembra en surcos de 1 m. de ancho y con separación de 30 cms. entre planta, cuando estas cierran surcos, el promedio de energía de la luz incidirá sobre una superficie de 30 dm<sup>2</sup>. El área foliar (AF) de plantas en pleno desarrollo es mucho más que 30 dm<sup>2</sup> por lo menos cerca de 30 x 4 en variedades de la subespecie *tuberosum*; sin embargo, debido a la sombra que proyectan las hojas superiores sobre las inferiores, la energía de la luz total se reduce a 1/4. En general se estima que las hojas inferiores reciben únicamente 1/10 parte de la luz que reciben las hojas superiores. Burton (1966) calculó que en un día de sol, el 10% de AF recibía el 60% de la MIL, que el 60% del AF recibía un promedio de 30% de la MIL, mientras las hojas de la base que comprendían el 30% del AF recibían un promedio del 15% de la MIL y algunos folíolos únicamente recibían el 5%.

Los tubérculos se forman y desarrollan principalmente con los carbohidratos excedentes de las necesidades de crecimiento del follaje, por consiguiente la reducción de su síntesis repercute directamente sobre el rendimiento y contenido de

MS de los tubérculos. Por ejemplo, se demostró que la reducción de luz de 16.000 a 8.000 unidades redujo el peso seco de la planta por debajo del 20% y el peso de los tubérculos por encima de 35%. También se encontró que la sombra tiene un marcado efecto sobre el contenido de MS de los tubérculos porque en plantas cubiertas con tela negra cada segundo y tercer día, la disminución de la MS de los tubérculos fue de 20.14 obtenido con luz normal a 16.8 en plantas sombreadas. En un día de sol, se estimó que la intensidad de luz a la sombra era igual a la de un día muy nublado.

### 3.3. Disponibilidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y efecto del contenido de clorofila

La concentración de CO<sub>2</sub> durante las horas de luz día es cerca del 0.025% y se incrementa hasta el 0.03% después del ocaso. Dicha disminución durante las horas de luz podría causar una disminución apreciable del 15% en la cantidad del MS sintetizada durante un día de sol; pero aun más importante que esa reducción es la disminución del suministro de CO<sub>2</sub> a los centros fotosintéticos como resultado del cierre de los estomas debido a un marchitamiento incipiente. Se encontró que el cierre de los estomas fue capaz de restringir el suministro de CO<sub>2</sub> hasta cierto grado cuando la pérdida de agua de la hoja turgente llegó de 7 a 8%. Si la pérdida de agua llega de 20 a 24%, lo cual ocurre antes del síntoma de marchitez, los estomas se cierran completamente cortando el suministro de CO<sub>2</sub>. Se considera que cuando hay suficiente agua, los estomas de la hoja de la papa están siempre

abiertos excepto un período de 3 horas de la puesta del sol. La planta de papa contiene niveles altos de clorofila hasta de 1.7% y aún puede aumentar hasta cerca de 2.47% en peso seco de la hoja mediante el uso de fertilizantes compuestos (N P K), por consiguiente la dosis de fertilizante empleado debe tomarse muy en cuenta en la determinación de la sanidad de las plantas en lotes de producción de semilla, porque el sobreabonamiento enmascara síntomas de virosis. La concentración de clorofila se encuentra hasta el período de plena floración después del cual decrece rápidamente. La máxima concentración de clorofila en las hojas ocurre por la mañana y por la tarde y la mínima durante el medio día. Lo cual coincide con la mayor actividad fotosintética de la planta. La asimilación de  $CO_2$  sigue una trayectoria similar.

Con respecto al efecto de temperaturas ambientales, bajas de 3-5°C y de acuerdo con la duración de dichas temperaturas, debe anotarse que en las zonas de páramo (3.000-3.500) m. de altitud ocasionan manchas cloróticas definidas en la hoja de las variedades especialmente susceptibles a heladas como las "criollas" diploides y aún en las de año o tetraploides. Los tubérculos provenientes de dichas plantas, dan origen a plantas normales en un ambiente de mayor temperatura, lo cual prueba que las temperaturas bajas pueden alterar el contenido de clorofila sin destruir los tejidos de la hoja.

### 3.4 Temperatura

Uno de los factores ambientales incontrolables por el hombre y el más importante de todos es la temperatura. En muchas regiones donde prevalecen altas o bajas temperaturas durante el período vegetativo del cultivo, tanto el rendimiento como la calidad de la cosecha se mantiene por debajo de su máxima capacidad de producción. A medida que aumenta la temperatura se incrementa la velocidad de crecimiento de la planta hasta llegar a nivel óptimo.

Igualmente, el proceso fotosintético se incrementa con el aumento de temperatura hasta cierto punto luego se nivela o decrece, en cambio la velocidad de respiración continúa creciendo con el aumento de temperatura. La evidencia disponible demuestra que la temperatura óptima para la formación y crecimiento de los tubérculos es de 15 a 20°C para las variedades de la subespecie *tuberosum* bajo condiciones de días largos. Bushnell (1925) encontró que las temperaturas de 20-29°C disminuyen el peso del follaje y tubérculos. A 29°C no hubo formación de tubérculo.

Los efectos de temperaturas altas son modificados por las condiciones de días cortos. Werner (1934) indujo producción de tubérculos a 32°C bajo condiciones de 10.5 horas de luz. En las observaciones de campo realizadas en Colombia, Estados Unidos y Europa, se encontró una correlación negativa entre la temperatura y la producción de tubérculos; sin

## NO ARRIESGUE SUS COSECHAS FERTILICE CON ABONOS NUTRIMON

The advertisement features three bags of Nutrimon fertilizer. The background shows a sun rising over a field of crops, with potatoes in the foreground. Each bag has a large black circle logo and the text 'Abonos NUTRIMON' followed by its nutrient ratio. The Monomeroc logo is visible at the bottom of each bag.

- Left bag: Abonos NUTRIMON 25-15-0-3(S)
- Middle bag: Abonos NUTRIMON 13-26-6
- Right bag: Abonos NUTRIMON 15-15-15

At the bottom of each bag, the Monomeroc logo is present, with the text: 'Monomeroc', 'Colombia Venezolana S.A.', and 'La mejor solución para sus cultivos'.

embargo, la interpretación de las observaciones de campo puede ser desviada debido al incremento de la deficiencia de agua en las hojas en condiciones de mayor temperatura.

En Colombia, el efecto de temperaturas casi extremas y otros factores agroecológicos sobre el rendimiento y calidad de la papa, se ilustra con los resultados de dos pruebas de adaptación. En el primer caso, se cultivaron varios clones de papa tolerantes al calor suministrados por el Centro Internacional de la Papa (CIP), en el C.I. La Libertad, Meta, del ICA a 450 m.s.n.m., con 26°C de temperatura media anual y 2.700 mm. de precipitación por año. El clon de mayor rendimiento produjo 10 toneladas por hectárea con 1% de MS, o sea 1.500 Kilogramos de MS por hectárea. En el segundo caso, durante el mismo semestre se cultivó la variedad Parda Pastusa en el páramo de Guerrero, Zipaquirá, Cundinamarca a 3.300 m. de altitud, 9°C de temperatura media anual y 1.000 mm. de precipitación anual. Se cosecharon 60 toneladas por hectárea con 25% de MS, o sea 15.000 Kilogramos de MS por hectárea, lo cual demuestra que la papa es realmente un cultivo de clima frío.

Indudablemente, a los efectos de la temperatura contribuyen la fertilidad del suelo y la fertilización, precipitación o disponibilidad de agua y la cantidad de luz diaria estimada en un 50% de la MIL de un día de sol, los cuales son inseparables de las observaciones de campo. El efecto aislado de cada uno de los factores ecológicos mencionados sobre rendimiento y calidad de la papa, así como el comportamiento de variedades comerciales diploides y tetraploides bajo condiciones de días cortos aún deben ser estudiados. Las temperaturas del suelo también afectan el rendimiento y la composición de los tubérculos. Los rendimientos son generalmente altos cuando la temperatura del suelo está sobre 5°C pero la temperatura óptima varía con la fertilización. El contenido de fósforo se incrementa en el follaje con el aumento de temperatura cuando las plantas se desarrollan sin adición de fósforo. En plantas sin fósforo adicional, la absorción de fósforo se incrementa por cada aumento de temperatura en comparación con plantas que reciben fósforo adicional, la absorción de Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio y Potasio, generalmente se incrementa con el aumento de temperatura por lo menos hasta 19,5°C (Nielsen et al, 1961). Las temperaturas bajas del suelo disminuyen el desarrollo aéreo de la planta y reducen el contenido de almidón de los tubérculos. El contenido de Fósforo y Nitrato fue más bajo a 10 - 20°C, que en las plantas testigo a 15 - 20°C. Una de las principales causas de la reducción de nutrientes de la papa en suelos con temperaturas bajas es la escasa absorción de nutrientes minerales (Barskaya et al. 1960).

Aunque las variedades sean aptas para la industria de papa frita, cuando se las cultiva en páramos húmedos y en suelos cuya temperatura varía de 5 - 10°C los tubérculos producidos bajo esas condiciones además de su contenido de MS por debajo de 20% acumulan azúcares hasta más de 0,2% y son inadecuados para el procesamiento debido a que su velocidad de respiración prácticamente se mantiene al mínimo. Sin embargo dichas variedades pueden reacondicionarse alriace-

nándolas a temperaturas de 20 - 30°C durante 2 - 3 semanas, donde aceleran su velocidad de respiración, consumen parte del azúcar, generan calor y liberan agua, obteniéndose un producto procesado de aceptable calidad. En cambio la variedad Parda Pastusa la más cultivada en el país (70%), no es apta para la industria de papa frita y tampoco responde al acondicionamiento.

### 3.5 Heladas

(Ver N. Estrada et al en esta revista)

Las heladas perjudican el rendimiento y calidad de la papa. En Colombia, las heladas, o sea las temperaturas de congelación -2 a -9°C se presentan al final o al comienzo del periodo vegetativo del cultivo, pero también pueden ocurrir esporádicamente en cualquier momento del desarrollo de las plantas. Se conocen dos tipos de heladas, una de ellas se debe al drenaje o desplazamiento de laire frío y la otra al enfriamiento por radiación. En el primer caso, se establece una gradiente de temperatura entre el aire de las laderas y las zonas planas, debido al drenaje del aire frío, que por ser más pesado se detiene en las depresiones. Normalmente la humedad relativa en estos casos es suficiente para que se depositen gotas de rocío sobre las plantas, las cuales al congelarse forman cristales de agua o escarcha. Este tipo de bajas temperaturas es conocido por los agricultores como "heladas blancas" y no causan mayores daños. En cambio, cuando las bajas de temperatura se deben a la radiación que generalmente ocurre en noches claras de escasa humedad relativa y con un mínimo de movimiento de aire, no se forma escarcha y se conoce como "heladas negras", y su efecto es más destructivo, debido a la brusca deshidratación de las plantas congeladas durante la insolación del día siguiente.

En general, se observa que la papa no se aclimata a las condiciones de temperaturas bajas sino que, su tolerancia a heladas es de carácter genético, el cual no sufre modificaciones apreciables durante el periodo vegetativo. Según resultados preliminares sobre el proceso de congelación, se determinó que en variedades cultivadas de *S. Tuberosum* subespecie *andigena* puede ocurrir hasta un 50% de congelación del agua de la hoja antes de llegar a la temperatura letal de -2,5°C y lo mismo en *S. acule* cuya temperatura letal es de -5,5°C (CIP, 1973 - 74).

Se propusieron varias teorías para explicar el mecanismo de tolerancia a las heladas: (1) hipótesis de sulfidrilos de Levitt (1972), (2) hipótesis del segundo punto de superenfriamiento de Tumanov y Krasavtsev (1966) y (3) hipótesis de la exoterma del agua vital de Weiser (1970). Las tres teorías consideran los problemas que surgen de la deshidratación del protoplasma. Al congelarse la célula se forma el primer hielo extracelular, la cual es fatal para la célula o para la extracción del agua no congelada de la célula. La congelación extracelular no es siempre nociva para los tejidos de la planta y en realidad es la responsable de la supervivencia de las plantas tolerantes a heladas.

La hipótesis de sulfidrilos reconoce la importancia de la deshidratación de la célula como un mecanismo para evitar la

formación de hielo intracelular. También reconoce los efectos nocivos de la deshidratación de la célula. En síntesis, el punto básico de la hipótesis de sulfidrilos es que en el protoplasma condensado de tejidos congelados la agregación macromolecular es la principal causa del daño.

La hipótesis de la exoterma del agua vital y del segundo punto de superenfriamiento, involucran el movimiento de agua de la célula durante la congelación extracelular y no se excluyen mutuamente. En la hipótesis de Weiser, se reconoce la importancia del agua para mantener la estructura macromolecular. Con frecuencia los cristales de proteína contienen más de 50% de agua y su remoción destruye los cristales y puede desnaturar las proteínas componentes. En los tejidos congelados hay competencia por agua entre el hielo extracelular que incluye proteínas. A la temperatura de congelación el agua indispensable para la estabilidad macromolecular es extraída de la célula y se origina la desnaturación irreversible a las inestables macromoléculas.

La hipótesis del segundo punto de superenfriamiento, sugiere que en determinado punto de congelación del tejido, se restringe el movimiento del agua de la célula, debido a un brusco cambio de la permeabilidad de la membrana. En este caso, el agua intracelular antes de congelarse sufre un superenfriamiento por debajo de su punto de congelación y esa congelación intracelular mata a la célula.

Por otra parte, la hipótesis de la tensión mecánica propuesta por Iljin (1933) enfatiza la importancia de la descongelación controlada y lenta de los tejidos congelados. Iljin observó que las paredes de la célula cedían a la presión causada por la formación y acumulación del hielo extracelular. Además, observó que durante la descongelación de los tejidos, las paredes celulares recubrían su posición original y con frecuencia se rompían los plasmodesmos. Iljin concluyó que el daño de las heladas ocurría solamente durante la descongelación.

El control de heladas puede intentarse de varias maneras, pero la obtención de papa tolerante ofrece la mejor respuesta. Se ha encontrado tolerancia a heladas en todos los niveles de ploidía (2N=24, 36, 48, 60 y 72 cromosomas), lo cual constituye un considerable potencial genético. Aunque en la literatura se conoce a *Solanum acaule* como la principal fuente de tolerancia porque soporta de -4 a -9°C de temperatura, las diferentes especies de papa según su grado de tolerancia podrían formar tres grupos.

#### 1. Muy tolerante: (hasta -9°C):

*S. acaule*, *S. chromatophilum*, *S. etuberosum*, *S. commersonii*.

#### 2. Tolerantes (hasta -5°C):

*S. x juzepczukii*, *S. x ajanhuiri*, *S. demissum*, *S. multidisectum* y otras silvestres.

#### 3. Poco tolerantes (hasta -3°C):

*S. x curtalebium*, *S. stenotamum* y *S. tuberosum* sbsp. *andigena*.

En Colombia pertenecen a este último grupo las variedades nativas cultivadas como Tocana Sarda, Cajicá y otras genéticamente mejoradas. También se sabe que el contenido de solanina, el número de estomas de la hoja, la edad de la planta y la fertilización influyen sobre el grado de tolerancia, en las regiones donde se presentan heladas al principio y al final del período vegetativo y muy rara vez en pleno desarrollo del cultivo. La siembra oportuna de variedades precoces utilizando semilla grande, es aconsejable porque las plantas retoñan prontamente después del hielo. Una helada en plena floración del cultivo, ocasiona mayor disminución del rendimiento que otra igual en la etapa inicial de crecimiento, por consiguiente, la época de siembra es un método práctico e importante. Los métodos físicos de control deben acomodarse a la clase de heladas y otros factores ambientales como el contenido de agua del suelo y la humedad relativa del aire. En regiones donde la topografía del terreno favorece el desplazamiento del aire frío, el cultivo en las laderas inclinadas hacia el occidente disminuye el efecto de heladas, porque los primeros rayos solares llegan más tarde, el aumento gradual de temperatura y la descongelación lenta favorece la recuperación de agua extraída del protoplasma y evita la muerte de la célula. En cambio, en lotes inclinados hacia el oriente el aumento de temperatura es brusco debido a la incidencia directa de los primeros rayos solares y ocasiona una rápida deshidratación de la planta congelada. En tierras planas, la cortina de árboles o los estratos de humo pueden disminuir el efecto de heladas interceptando los primeros rayos solares.

El riego es otro método utilizado cuando se dispone de agua. El suelo húmedo podría disminuir el efecto de heladas de -3°C, porque el agua libera calor al congelarse (1 gr. de agua=80 calorías). Aparentemente el riego por aspersión que cubre todo el cultivo, es un método eficiente porque además del calor que se genera con la congelación del agua se aumenta la humedad relativa del aire que rodea la planta.

En las altiplanicies, en una noche típica de heladas, la pérdida de calor de la tierra por la radiación hacia la atmósfera se estima en un millón de kilo-calorías/hora/hectárea lo cual



equivale al calor generado en la combustión de 100 kgs. de ACPM. La sustitución de esa pérdida de calor mediante un sistema de calefacción podría disminuir el efecto de heladas esporádicas.

Por último, la ventilación puede ocasionar la inversión de temperatura mezclando el aire caliente de las capas superiores con las inferiores frías. En síntesis, el éxito de control depende del estado vegetativo del cultivo, de la intensidad y frecuencia de heladas y de los medios disponibles. Las heladas sucesivas de -2 y -3°C. causan más daño que una sola de -5°C.

### 3.6. Disponibilidad del agua

El agua es el componente más abundante de las células antiguas de la planta y representa más del 90% del peso fresco de algunos tejidos. Las plantas absorben agua en forma continua del medio en que se desarrollan y por transpiración, evaporan el agua hacia el aire ambiental que las circunda. La pérdida de agua es menor a bajas intensidades de luz. Las hojas de papa pueden perder hasta 30 y 39% de su peso en estado de turgidez y recuperarse sin ningún daño al aumentar el suministro de agua; sin embargo, con 40% de pérdida de peso no se recupera y con 45% mueren.

El sistema radicular de la papa es débil y frondoso, por lo cual, las raíces son sensibles a la falta de agua y ultrasensibles al exceso, en este segundo caso las raicillas se pudren y la planta muere por falta de agua. Un 60% de las raíces de la papa se desarrollan en los 30 cms. de la parte superior del suelo, aunque esto depende de la humedad disponible y del tipo de suelo, algunas raíces pueden llegar hasta un metro de profundidad; por consiguiente, es necesario controlar el estado de humedad del suelo hasta unos 50 cms. de profundidad, con dos riegos por semana equivalentes a 20 - 30 mm. de precipitación se obtuvo mayores rendimientos de tubérculos bien formados. Es conveniente determinar si el riego suplementario tiene justificación económica de acuerdo con la localidad y la época.

La facilidad con que la planta extrae agua del suelo, es función de la diferencia existente entre las energías libres en la sabia de la planta y en la solución del suelo. Esta última se aproxima a la suma de la presión osmótica de la solución y la fuerza capilar que la retiene en los poros del suelo. Si la energía libre de la solución del suelo es baja, entonces el suministro de agua es igual a la demanda bajo condiciones comunes de campo; pero, un aumento en la energía libre de la solución del suelo impedirá que la planta se mantenga turgente y se presentará un grado de cierre de estomas. Si la energía libre de la solución del suelo alcanza 15 a 20 atmósferas la planta sobrevive pero se reduce el crecimiento, debido principalmente a que en casos extremos la fotosíntesis puede detenerse por el cierre de estomas. La situación anterior fue demostrada por Chapman y Loomis, (1953), quienes encontraron el grado promedio de fotosíntesis de 14.0 mg. CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hr bajo condiciones de riego y 9.2 mg. CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hr sin riego. Los suelos difieren en su punto de saturación o capacidad de campo. A medida que el agua se pierde por evaporación o es absorbida y transpirada por el cultivo la energía libre de la solución del suelo aumenta; así por ejemplo

si el contenido de agua del suelo es de 30, 20, 15 y 10% la energía de la solución del suelo correspondiente es de 0.5, 1, 3 y 20 atmósferas (Burton, 1966).

La humedad óptima del suelo no es necesariamente la misma para el crecimiento del follaje como para el rendimiento de los tubérculos; sin embargo, sólo con altos niveles de riego se puede mantener la capacidad del campo. Por ejemplo, Harry y Pittman (1923) obtuvieron óptimos rendimientos y tamaños de tubérculos con 500 a 600 mm, y un riego mayor de 630 mm, causó reducción del rendimiento. El riego excesivo incrementa el porcentaje de tubérculos pequeños. Con base en estos y otros resultados posteriores se concluye que un riego diario de 3 a 4 mm, es benéfico y se anota que el agua aprovechable por la planta es apenas un 20%. Para mantener la energía libre de la solución del suelo por debajo de 0.3 atmósferas se necesita reemplazar el agua, en promedio cada 3 a 4 días y la cantidad requerida es de 10.4 mm, en promedio, lo cual está prácticamente de acuerdo con la transpiración ininterrumpida de cerca de 3 mm, por día mencionado. Si el agua proviene de la lluvia, la conclusión anterior no se cumple debido a la correlación inversa entre lluvias y luminosidad; por consiguiente, existe un nivel óptimo de precipitación por debajo del cual los efectos detrimentales de la escasa humedad son más graves que los efectos del aumento de luminosidad y por encima del nivel óptimo las ventajas que se derivan del incremento de humedad quedan muy por debajo de los efectos de la escasa iluminación que estimula excesivo crecimiento del follaje.

La cantidad de agua de riego que se necesita para mantener la humedad de un determinado suelo varía con el método de aplicación, no solamente varía la cantidad de agua perdida por drenaje, sino que también puede variar su efecto microclimático en la transpiración de las hojas. Burton (1966) sugiere que 500 mm, podría ser la precipitación óptima durante los 5 meses del período vegetativo del cultivo. La influencia de la precipitación óptima y la magnitud de los efectos causados por las desviaciones de ese óptimo podrían ser modificadas por la fertilización.

#### 3.6.1. Efecto de la disponibilidad de agua sobre el contenido de materia seca de los tubérculos.

El suministro abundante de agua puede estimular un crecimiento excesivo del follaje por el cual, sin el correspondiente incremento en el grado fotosintético debido a la falta de energía de la luz, disminuirá el porcentaje de MS de los tubérculos. Por el contrario, si el suministro de agua es suficiente para mantener los estomas abiertos durante los días de luz habrá un aumento en el contenido de MS de los tubérculos. Si el agua proviene de la lluvia se presentan dos efectos opuestos, por una parte se evita el cierre de estomas y por otra se reduce la habilidad de asimilar el CO<sub>2</sub> disponible.

Aparte de los efectos analizados sobre el desarrollo de la planta y su capacidad fotosintética por el suministro de agua, existe el efecto directo del agua del suelo sobre el contenido de agua de los tubérculos. Aquí se presenta la diferencia en energía libre parcial entre el agua de la sabia y la del suelo, la cual no es muy marcada hasta que se acerca el punto de marchitamiento del suelo. En este caso aunque haya una

tendencia de pérdida de agua del tubérculo hacia el suelo también habrá una reducción en la translocación de los carbohidratos hacia el tubérculo y el efecto neto es dudoso. Por el contrario el suelo saturado de agua induce a la proliferación de los lenticelos y los tubérculos provenientes de dicho suelo tienen un bajo porcentaje de MS.

### 3.6.2. Efecto de las épocas de siembra y cosecha y la longitud del período vegetativo:

Evidentemente en algunos semestres muy lluviosos y especialmente durante el período de maduración y cosecha en suelo saturado los tubérculos absorben agua y baja su contenido de MS, por lo cual son inapropiados para la industria de papa frita por la excesiva absorción de aceite y mala calidad del producto procesado. Los problemas de escasez o exceso de agua durante el período vegetativo del cultivo, se resuelven utilizando el sistema de siembra en SURCO DOBLE (SD) investigado por el autor con resultados positivos en 1976 en Tibaitatá. El sistema SD mecanizado permitirá mejorar la producción de papa industrial por rendimiento y calidad. Bajo una precipitación 280 mm. durante el período vegetativo con el sistema de SD se cosechó 40 toneladas por hectárea y 30 con el sistema convencional de surco simple. El mayor rendimiento y proporción de tubérculos grandes se debió a la retención de humedad, lo cual, facilita la cosecha mecánica. Además, la profundidad apropiada de las calles entre los SD aumenta el drenaje de agua excedente.

En Colombia, se producen dos cosechas principales de papa por año. Mientras la demanda es relativamente constante durante todo el año y crece de acuerdo con el aumento de población, la producción y oferta de papa están sujetas al clima y especialmente al régimen anual de lluvias, por lo cual, anualmente se obtienen dos cosechas principales bastante desproporcionadas que son el cultivo de "año grande" (60%) y el de "mitaca" (30%), complementado con el de "riego" (10%), intercalado entre las anteriores. Es muy conveniente que las cosechas coincidan con períodos secos, especialmente la de papa industrial y aún la destinada para consumo fresco, y la semilla también tiene mejor conservación.

Se considera que cuanto mayor es el período vegetativo, mayor será el rendimiento; esto no quiere decir que la siembra adelantada tendrá un rendimiento económico más alto. La siembra temprana en el primer semestre expone el cultivo a condiciones ambientales desfavorables para obtener alto rendimiento y además, con el deseo de alcanzar mejores precios se cosecha antes de la maduración fisiológica normal. Por ejemplo, la variedad Parda Pastusa cosechada a los 4 meses producirá un rendimiento X de tubérculos para el mercado, a los 5 meses la producción será X + 38% y a los 6 meses X + 79%, sin embargo, el precio de éste último será 44% menos que a los 4 meses.

### 3.7 Efecto del tipo de suelo

Los suelos varían en textura, poder de retención, de agua,

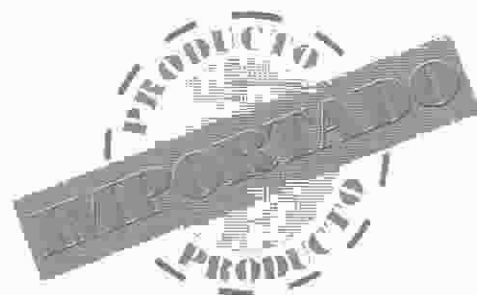
## Cosechas sanas y limpias de plagas en el follaje!



# AMIADOR® 60 SL

(Metamidofos)

Insecticida sistémico  
Concentrado soluble.



- \*Controla las plagas masticadoras, chupadoras y minadoras que atacan su cultivo de papa
- \*Actúa por contacto, ingestión y vía respiratoria
- \*Es sistémico y por consiguiente tiene un alto poder residual

Importado y distribuido por:

**Agroquímicos, Semillas y Equipos de Riego S.A.**



**agroses** s.a



grado de aereación, pH y cantidad y proporción de nutrientes o sustancias tóxicas presentes. Las variaciones en suelos del mismo origen pueden resultar de las diferencias locales en precipitación y temperatura. Por ejemplo, Kozłowska (1963) encontró que en los Carpatos por cada 100 m. de incremento en altitud desde el nivel del mar hasta 1.295 m. la materia orgánica de suelo puede aumentar en 1.08%, y el pH descender en 0.093. En general, es difícil determinar el efecto aislado de las diferentes propiedades del suelo y a esto se suma el efecto del clima que tiene mayor influencia sobre la calidad de la papa y el rendimiento, basta comparar la calidad y la conservación de una misma variedad, producida en el mismo periodo en el paramo y la sabana. La diferencia es tan apreciable que a la misma variedad Tuquerreña se le conoce como paramuna y sabanera como si fueran realmente diferentes variedades.

En síntesis, la insuficiencia de agua en la primera fase del desarrollo del cultivo, no es tan limitante como en la etapa de formación y engrosamiento de los tubérculos; sin embargo, la falta de agua ya sea en la primera o segunda mitad del periodo vegetativo reduce el rendimiento y en forma más apreciable si la escasez de agua ocurre en la segunda mitad. Por ejemplo con los demás factores iguales se produjo 24 toneladas con 285 mm de precipitación y 56 con 545 mm. La necesidad de agua durante la tuberización inicial parece el periodo más crítico. Desde el punto de vista económico el riego de aspersión frecuente en volúmenes limitados es más recomendado que el riego en grandes volúmenes y más distanciados o el riego por gravedad.

### 3.3 Translocación

Los azúcares y otros compuestos orgánicos producidos en la fotosíntesis, se acumulan rápidamente en las células del mesófito de la hoja. Una parte de los azúcares se transforma en almidón que, es una molécula polimerizada que contiene de uno a miles de unidades de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ). Los granos de almidón pueden formarse en los cloroplastos o en leucoplastos de tejido no fotosintético. La mayor parte del resto de los azúcares producidos en la fotosíntesis se convierte en sacarosa, disacárido constituido por una molécula de glucosa y otra de fructosa. La sacarosa es el principal azúcar translocable de la planta y a través de los vasos conductores del floema, se distribuye a los principales órganos de la planta, especialmente los órganos de almacenamiento como los tubérculos.

### BIBLIOGRAFIA

1. BARSKAYA, T.A., Yu E. NMOVITSKAYA, and Z.F. SYCHEVA, 1960. Growth of potato plants in cold soil. Tr. Kerelsk Filiala Akad Nauka SSSR 1960, No. 28: 70-76
2. BEUKEMA, H.P. & D. E. VanderZaag. 1979. Potato Improvement. Some Factors and Facts. International Agricultural Centre, Wageningen, Holanda. 224 pp.
3. BURTON, W. G. 1966. The potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. H. Veenman y Zonan N. V., Wageningen, The Netherlands. 382 pp.
4. BUSHNELL, J. 1925. The relation of temperature to growth and respiration in the potato plant. Minn. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 34.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP) 1973-74. program Planning conferences. 384 p.
6. CHAPMAN, H.W. and W.E. LOOMIS. 1953. Photosynthesis in the potato under field conditions. Plant Physiol. 28: 703-716.
7. DIAZ, J. A. 1994. Adversario del fundamentalismo. La huella de Karl Popper. L.D. El Tiempo, Bogotá p. 6.
8. DYSON, J. 1954. Insensato asedio a la Biotecnología. Selecciones. Colombia. Enero. P. 115-120.
9. HARRYS, P.M. Editor. The potato crop. The scientific basis for improvement. 1978. Chapman and Hall Ltd. Londres. 730 pp.
10. HARRYS, F.S. and D.W. PITTMAN. 1923. Irrigation experiments with potatoes. Utah Agr. Expt. Sta. Bull. 187.
11. ILJIN, W.S. 1933. Ueber Absterberkrankung von Pflanzengewebe durch Austrocknung und über ihre Bewehrung. Gem. Trockentode. Protokolla 19: 414-442.
12. LEVITT, J. 1972. Response of plants to environmental stress. Academic Press, N.Y. 697 p.
13. NIELSEN, K.E., R.L. HALSTED, A.J. MACLEAN, S.J. BORGSTET, and R.M. HOLMES. 1961. The influence of soil temperature on the growth and mineral composition of com. bromegrass. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 25: 369-372.
14. SALAZAR, L.F. R.A. Owens, D.R. Smith and T.O. Dienert. 1983. Detection of Potato Sprinkle Tuber Viroid by nucleic acid hybridization. Evaluation with tuber sprouts and true potato seed. Am potato J. (60): 587-597.
15. SANCHEZ de L. C., P. Corzo y O. Pérez. 1992. Incidencia de virus en papa y su efecto sobre rendimiento en tres zonas agroecológicas de Colombia. Rev. Lat. Del papa. 4: 36-51.
16. SASSEEN, J. 1994. Industrial y ecologista. Selecciones. Colombia. Septiembre. p. 143-152.
17. SMITH, O. 1968. Potatoes. Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. INC. Westport, Connecticut. 642 p.
18. TUMANOV, I. I., and O. A. KRASAVTSEV. 1966. Elucidation of the conditions required for vitrification of plant cells. Soviet. Plant Physiol. 13: 127-133.
19. van der ZAAG, D. E. 1973. Potatoes and their cultivation in the Netherlands. Dutch Information Centre for Potatoes. The Hague. 72 pp.
20. WEISER, C.J. 1970. Cold resistance and injury in woody plants. SCIENCE 169: 1269-1278.
21. WERNER, H. O. 1934. The effect of a controlled nitrogen supply with different temperatures and photoperiods upon the development of potato plants. Nebr. Agr. Expt. Sta. Res. Bull. 75.