

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fuera del período óptimo utilizando el maíz como sombra natural

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

Autora: Ing. María de los Ángeles Pino

Tutoras: Dr. C. Francisco Soto Carreño
Dr. C. Pablo Marrero Labrador

La Habana, 2001

SÍNTESIS.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1-Definición de clima y su importancia para las plantas.....	9
2.2- Influencia de algunos factores del clima en la fenología y producción del tomate.....	9
2.2.1. Efecto de las temperaturas.....	10
2.2.2. Efecto de la luminosidad	13
2.2.3. Efecto de la interacción entre varios factores ambientales	15
2.3. Problemática de la producción de tomate en condiciones tropicales	17
2.4. Modificaciones del fitoclima a través de diferentes técnicas culturales	22
2.4.1. Modificaciones del fitoclima a través de técnicas artificiales de cultivo	23
2.4.2. Modificaciones del fitoclima a través de sistemas naturales	25
2.5. Sistemas de cultivos.....	26
2.6. Las asociaciones de cultivo. Su terminología.....	27
2.6.1. Ventajas y desventajas que se le atribuyen a las asociaciones de cultivos	29
2.6.2. Premisas, Aspectos básicos y biológicos a tener en cuenta en las asociaciones de cultivos.....	30
2.6.3. El genotipo en la asociación de cultivos.....	33
2.6.4. Tiempo relativo de siembra	33
2.6.5. Densidades y arreglos espaciales	34
2.6.6.La agricultura convencional y el control de plagas. Consecuencias de esta filosofía.....	35
2.6.6. Asociaciones de tomate y maíz en el mundo	59
2.7. Consideraciones generales	59
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
3.1. Condiciones experimentales.....	61
3.3. Evaluación del tiempo relativo de siembra del maíz con respecto al trasplante del tomate (Experimento 4).....	63
3.4. Comportamiento de diferentes genotipos de tomate en policultivo y monocultivo con las hileras orientadas N-S y E-O (experimentos 5-6).....	64
3.5. Aspectos generales.....	65
3.6. Evaluaciones realizadas.....	66
3.7. Procesamiento estadístico	67
3.8. Evaluación económica.....	69
4. RESULTADOS Y DISCUSION	70
4.1. Evaluación de los arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra en la asociación tomate-maíz	70
4.1.1. Arreglos espaciales	70
4.1.2. Tiempo relativo de siembra	77
4.1.3. Relación entre los diferentes arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra.....	82

4.1.4. Calidad interna de los frutos.....	87
4.2. Comportamiento de genotipos de tomate en policultivo y monocultivo con las hileras orientadas N-S y E-O.....	90
4.3. Evaluación de las modificaciones de algunas variables del fitoclima en la asociación tomate–maíz.....	97
4.3.1. Radiación incidente y temperatura del aire.....	98
4.4. Duración del ciclo biológico, fases fenológicas para los períodos temprano y tardío, y su relación con la temperatura en monocultivo de tomate.....	106
4.5. Índice Equivalente de la Tierra (IET) e Índice Equivalente de Área x tiempo (IEAT) de la asociación tomate-maíz.....	114
4.6. Evaluación económica.....	117
4.7.Consideraciones generales.....	118
5. CONCLUSIONES.....	120
6. RECOMENDACIONES.....	122
7. BIBLIOGRAFIA.....	123

SÍNTESIS

El presente trabajo tuvo como objetivos, determinar el mejor arreglo topológico con orientación de las hileras en función de la salida y puesta del sol que permitió modificar algunos factores del fitoclima (radiación incidente y temperatura del aire); así como el comportamiento de variedades de crecimiento determinado con adaptación climática en sistemas de policultivo y monocultivo en una asociación tomate-maíz utilizando al maíz como sombra natural; además, que este sistema permitió elevar los rendimientos de tomate fuera del período óptimo con un uso eficiente de la tierra (IET e IEAT) como alternativa para la agricultura de pequeñas producciones. Los resultados mostraron que es en el arreglo espacial de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante del tomate y las hileras orientadas norte-sur, donde se lograron incrementos del rendimiento al resultar los mismos de 21.78 a 23 t. ha⁻¹ en el sistema propuesto y de 15.61 a 18.15 t.ha⁻¹ para el monocultivo en el cultivo del tomate fuera del período óptimo, debido a las modificaciones dentro del sistema asociado de la radiación incidente de 25 a 27 % y de la temperatura del aire de 2.6 a 3.6gC. Se desarrolló una metodología para el análisis e interpretación de estos resultados donde se integran diferentes procedimientos estadísticos-matemáticos teniendo en cuenta la complejidad de estos experimentos. Se determinó la temperatura media del aire a la cual para estas condiciones en estudio los rendimientos comienzan a declinar mediante la relación entre la temperatura media del aire durante la fase vegetativa con el rendimiento del monocultivo de tomate para ambos períodos de siembra; así como, se pudo determinar para la variedad INCA-17 tanto la duración de sus fases y ciclo biológico como la cantidad de unidades de calor efectivo que la misma necesita para completar cada una de sus fases y ciclo biológico en cada período estudiado. El sistema permitió un uso más eficiente de la superficie (IET) teniendo en cuenta el tiempo real de ocupación de la misma (IEAT); así como un aumento tanto de la ganancia como la relación beneficio/costo.

1. INTRODUCCIÓN

Las características climáticas son variables de una región a otra en función de la influencia marina, las masas continentales, la altitud y la intensidad y duración de los regímenes hídricos y térmicos (Daly, 1971).

En los trópicos, la temperatura del aire está controlada fundamentalmente por la radiación, por lo que son definidos climatológicamente como áreas cuyas variaciones diurnas de temperatura exceden las variaciones anuales (Soto, 1994).

En Cuba, el carácter del clima está determinado por su posición geográfica al margen septentrional de la zona tropical, lo que provoca la separación del año en dos estaciones, la de la seca (noviembre-abril) conocida como “invierno” y la de las lluvias (mayo-octubre) conocida como verano, con precipitaciones anuales entre los 1300-1400 mm; la temperatura media anual es de 25gC; caracterizándose por un balance de radiación de 3300 MJ/m² al año y la humedad relativa oscila de 60-70 por ciento durante el día y de 80-90 por ciento durante la noche (Rey y de la Hoz, 1979).

Las condiciones climáticas que prevalecen en el trópico distan mucho de las exigencias ecológicas de los cultivos hortícolas, los cuales tienen por otra parte gran importancia en la alimentación de los pueblos de la región. En ocasiones estas condiciones constituyen factores limitantes para el desarrollo de los cultivos hortícola; Así como son poco conocidas las relaciones que se establecen entre estos cultivos y los diferentes elementos climáticos que lo componen (Gómez *et al.*, 2000).

En el caso del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), que es una planta que exige buenas condiciones de temperatura, luminosidad y humedad relativa para desarrollarse y producir satisfactoriamente; las condiciones climáticas influyen directamente en la duración del ciclo de la planta, el cuajado de los frutos, la incidencia de plagas y enfermedades, la calidad de los frutos y la producción propiamente dicha (Menezes dos Santos, 1992).

En Cuba, se considera como período óptimo para esta hortaliza el comprendido desde el 21 de Octubre hasta el 20 de diciembre (Casanova, 1991); (Gómez *et*

al)., 2000); sin embargo, para la economía cubana es muy importante que éste período se prolongue con vistas a entregar producciones estables a la población, así como al sector del turismo, que tienen una alta demanda del producto durante todo el año.

Con vistas a solucionar este último aspecto el país ha venido desarrollando diferentes formas de Cultivo Protegido para atenuar los efectos del clima; en los inicios se utilizaron los sistemas de hidropónico y zeopónicos, así como la producción bajo tendales protegidos por mallas sombreadoras o tela de *Cheesecloth*. En los últimos años el país realiza un Programa de Inversiones en Casas de Cultivo Protegido mediante transferencia de tecnología de Israel y España y la Casa Tropical con "efecto sombrilla" propuesta por el I.I.H. "Liliana Dimitrova" (Casanova 1998; Gómez *et al*)., 2000 y MINAGRI, 1999).

Dentro de este contexto, una alternativa viable la constituye la sombra natural, a través de asociaciones de cultivos con plantas de porte alto, la cual es por definición aquella que provee protección contra los factores bióticos y abióticos y es capaz de lograr modificaciones del fitoclima, similares a las que se obtienen con el uso de casas de cultivo posibilitando obtener cosechas durante todo el año (Stigter, 1992).

En estos sistemas de asociación una de las plantas más utilizadas es el maíz (***Zea mays*** (L.)), por ser un cultivo de porte alto capaz de proyectar sombra a aquellos cultivos que se asocien con él (Midmore, 1990) y a sus bondades como cultivo barrera contra plagas (Vázquez, 1996); además de aportar productos tanto para la alimentación humana como animal.

La asociación tomate-maíz ha sido utilizada como una vía para un uso más eficiente de la superficie por Adelana, (1984); con fines de protección contra plagas por Arola, Godinez y Doñan (1991); sin embargo, con vistas a modificar el fitoclima y favorecer de ésta manera las producciones de tomate fuera de su fecha óptima de siembra no existen referencias de su utilización en Cuba.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se formuló la siguiente hipótesis: **el uso del cultivo del maíz como sombra natural en asociación con el cultivo del tomate,**

modifica el fitoclima favoreciendo la producción de tomate fuera del período óptimo.

De ahí que para dar respuesta a la hipótesis planteada se llevó a cabo la presente investigación que tuvo como objetivos los siguientes:

Determinar el mejor arreglo espacial, tiempo relativo de siembra y orientación de las hileras con respecto a la salida y puesta del sol para evaluar las modificaciones de algunos factores del fitoclima a nivel de sistema utilizando al cultivo del maíz como sombra natural para el cultivo del tomate en períodos temprano y tardío.

Evaluar el comportamiento de variedades de tomate de hábito de crecimiento determinado con adaptación climática en sistemas de policultivo y monocultivo en una asociación tomate-maíz que permita obtener producciones de tomate económicamente viables fuera del periodo óptimo como una alternativa para un uso eficiente de la tierra.

Determinar como influye la temperatura del aire en la duración de las fases y ciclo biológico del cultivo del tomate variedad "INCA-17" fuera del período óptimo.

La novedad científica radica en que:

Se modifica la productividad del cultivo del tomate, aún con cultivares adaptados climáticamente para período no óptimo empleando al maíz como cultivo protector por medio de arreglos topológicos y orientación de las hileras de los cultivos con respecto a la salida y puesta del sol, logrando entre otros modificar el fitoclima a nivel de sistema. Se integran en una metodología diferentes tipos de análisis matemático para la interpretación de los resultados.

El valor práctico de los resultados está dado por:

Se establece un sistema alternativo de cultivo protegido natural capaz de modificar el fitoclima permitiendo obtener producciones económicamente viables de tomate fuera del período óptimo con un volumen adicional de maíz.

Se establece una metodología para el análisis e interpretación de los resultados donde se integran diferentes procedimientos estadísticos-matemáticos que tienen en cuenta la complejidad de estos experimentos.

Se establece basado en una relación entre la temperatura media del aire durante la fase vegetativa y el rendimiento del tomate el valor de temperatura media del aire donde los rendimientos comienzan a declinar para condiciones similares a las del trabajo.

2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1-Definición de clima y su importancia para las plantas

Según el Vocabulario Meteorológico Internacional (1966): "...clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio".

Los principales factores formadores del clima son la radiación solar, la circulación atmosférica y el carácter de la superficie subyacente Kostin y Pokrovskaya (1953). Esto presupone que el conocimiento de las características climáticas de una región debe implicar el dominio adecuado de los factores que las condicionan y modifican, en estrecha interrelación con los efectos que el clima produce sobre innumerables objetivos económicos, el hombre, los animales y las plantas (Lecha, Paz y Lapinel, 1994).

El crecimiento y el desarrollo de las plantas dependen de la actividad del sistema fotosintético, el cual se halla funcionalmente relacionado con el clima del habitat particular de las plantas gracias al flujo de energía, de agua, de dióxido de carbono y de nutrimentos minerales del suelo. Además la calidad de la luz, el fotoperíodo, y las fluctuaciones térmicas del ambiente regulan los procesos morfogénéticos mediante su acción específica a nivel enzimático o de la actividad hormonal o de ambos (Gates, 1980).

2.2- Influencia de algunos factores del clima en la fenología y producción del tomate

El tomate posee características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, este experimenta modificaciones morfológicas, en el rendimiento y la calidad de sus frutos cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas, donde la

temperatura, la radiación solar (cantidad y calidad), y la humedad relativa son los componentes que más determinan en las condiciones tropicales (Nuez, 1995).

2.2.1. Efecto de las temperaturas

La temperatura de la planta, en un momento dado, es el resultado del equilibrio entre la radiación neta absorbida y la disipada por transpiración y convección. La planta puede modificar activamente su temperatura, dentro de ciertos límites, por medio de respuestas morfológicas y fisiológicas que afectan su balance energético (Gates, 1980).

La respuesta de las plantas a la temperatura depende de su estado de desarrollo y del ambiente térmico anteriormente experimentado. Cada especie posee sus temperaturas cardinales (mínimo, óptimo y máximo) bien definidas que pueden ser parcialmente modificadas por la aclimatación (Nobel, 1983).

Las temperaturas influyen marcadamente en la producción del tomate, por ser uno de los factores que gobiernan el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Para un buen desarrollo de todos los procesos en el ciclo de vida de la planta de tomate, es necesario una diferencia de al menos 6gC entre el día y la noche (Gent, 1990).

El crecimiento y desarrollo del tomate transcurre entre límites de temperatura de 15 a 29gC, pero las condiciones óptimas se crean con temperaturas de 20 a 24gC. Tanto las temperaturas bajas como las elevadas, actúan negativamente sobre las plantas; cuando la temperatura es inferior a 15gC se detiene la floración de las plantas y cuando es de 10gC, las mismas cesan su crecimiento y desarrollo. Con temperaturas elevadas de 35gC y más, disminuye bruscamente la fotosíntesis en las plantas. En estas condiciones se forman las hojas pequeñas, tallos más delgados y racimos de frutos más pequeños. Con altas temperaturas el ácido giberélico es afectado, al igual que la auxina. Kulicov y Rudnev (1980) y Kuo y Tsai (1984).

Torres (1984) demuestra que los índices de crecimiento están en dependencia de los períodos del desarrollo analizado, con el método que se utiliza y con la base que se tome para el cálculo. Este mismo investigador plantea que estos índices han sido

correlacionados con los factores del clima, empleando de la simple asociación en las variaciones, hasta el análisis de correlaciones y regresión simple o múltiple.

En la fase de crecimiento la temperatura nocturna juega un papel fundamental debiendo encontrarse su valor en alrededor de 15gC (Gómez et al., 2000).

Pedro et al. (1993) plantean que la duración de los períodos está generalmente condicionada por la disponibilidad térmica de las regiones del cultivo, teniendo la temperatura una estricta relación.

La temperatura es uno de los principales factores ambientales que afecta la eficiencia de la fotosíntesis y limita el rendimiento de los cultivos (Bose y Ghosh, 1995).

La tolerancia de las plantas a las altas temperaturas varía con el genotipo, tiempo de exposición y edad de los tejidos (Anderson, Mc Collum y Roberts, 1990). Las altas temperaturas afectan la fotosíntesis por provocar excitación en la distribución de energía lo cual produce cambios en la estructura de los tilacoides, en la actividad del ciclo de Calvin y de otros procesos tales como fotorespiración y producto de síntesis (Weis y Berry, 1988 citados por Pastenes y Horton, 1996).

Fluctuaciones considerables de temperaturas ocurren en un rango de tiempo de pocos minutos a horas y el proceso fotosintético debe ser ajustado. Esto es particularmente importante para las especies cultivadas en regiones cálidas. Consecuentemente, estas plantas son expuestas a cambios de luz y temperaturas que alcanza sus mayores niveles durante pocas horas cerca del mediodía (Pastenes y Horton, 1996).

Existen factores internos de la planta que afectan la eficiencia de la fotosíntesis: la edad de la hoja, la fotorespiración, el estado de la planta (fases reproductiva y vegetativa), la síntesis de metabolitos y el transporte; conjuntamente con estos factores internos, los externos tienen una marcada influencia en la eficiencia fotosintética, los cuales son: temperatura, humedad y luminosidad (Robert, Theodore y Wayner, 1988).

Plantas de tomate expuestas a altas temperaturas muestran efectos inhibitorios, disminuyen la fijación de CO₂ y su concentración interna, los pigmentos clorofilicos

disminuyen; la conductividad estomática es reducida al igual que las reacciones en la oscuridad y se produce una acelerada senescencia de la planta (Matthew, Elmer y Thomas, 1990).

Según Hewitt y Curtis (1948) el proceso de traslocación en la planta decrece cuando la temperatura aumenta de 8 a 17gC. Por otra parte, Stevens y Jchoshua (1978) refieren que el calor afecta negativamente la traslocación, reduciéndola, por lo que produce limitaciones en el traslado de carbohidratos, contribuyendo a la caída de las flores y limitando además el crecimiento de estambres, raíces y frutos.

Las altas temperaturas provocan en el cultivo del tomate modificaciones en las funciones de la planta, llegando a impedir la fotosíntesis y a desorganizar los sistemas enzimáticos necesarios para el desarrollo de su vida (Florida, 1999).

Según Azzi (1971), el subperíodo de mayor sensibilidad es la floración. Esta fase es crítica en cuanto a las exigencias de los factores ambientales, por lo tanto, es de gran importancia durante ella que la planta cuente con las condiciones óptimas para obtener un mejor rendimiento.

Las temperaturas elevadas retardan la formación de los racimos, reducen el número de flores por racimo y el tamaño de las flores. La calidad del polen se afecta igualmente. En el estado de floración, la temperatura óptima es de 13-17gC durante la noche y 23gC durante el día (Gómez et al., 2000).

Abdul-Baki (1991) planteó que las altas temperaturas influyen en la floración disminuyendo el número de flores por racimo y por consiguiente, el número máximo de frutos que puede producir la planta. Cuando las temperaturas nocturnas oscilan entre 22-30gC los tomates forman menos flores que a temperaturas de 8-16gC. Temperaturas máximas de 31 a 35gC parecen no afectar la viabilidad de los óvulos (Fernández-Muñoz, 1991).

A pesar de que el tomate puede crecer en un amplio rango de condiciones climáticas, la fructificación se daña a 26/20gC (día/noche) y es severamente interrumpida por encima de 35/26gC (Stevens y Rick, 1986).

Se plantea que uno de los indicadores más importantes de tolerancia al calor en el cultivo del tomate, lo constituye la capacidad de fructificación en las altas

temperaturas nocturnas, señalándose que aquellas variedades que muestren mayor capacidad para la fructificación bajo altas temperaturas y condiciones excesivamente húmedas resultan las más adecuadas para la producción en los trópicos (Cuartero, Fernández-Muñoz y Gonzáles-Fernández, 1995).

La temperatura óptima para la maduración del fruto está alrededor de 20-24°C en que el licopeno se forma más intensamente. Si la temperatura asciende a 30°C empieza a destruirse el licopeno a temperatura de 37-40°C los frutos obtienen coloración amarilla porque solamente se forma caroteno, por eso la parte de los frutos que están expuestos directamente al sol, comunmente se pone amarilla, causándose a su vez quemaduras en los frutos que disminuyen su calidad (Villareal, 1982; Le-Min Hong, 1987).

Ngguyen y Mazliak (1990) plantean que el factor crítico de la maduración del tomate es la temperatura nocturna, siendo el rango óptimo de 15-20°C.

2.2.2. Efecto de la luminosidad

La luz es un factor ambiental muy importante para todo ser vivo, asimismo las plantas necesitan de ella para vivir. Para que una planta viva durante un prolongado período de tiempo, la intensidad luminosa debe ser suficiente para fijar una cantidad de CO₂ diaria, que equilibre la pérdida del mismo por la respiración. Durante las 24 horas la intensidad luminosa mínima para la supervivencia debe exceder ligeramente el punto de compensación en que la fotosíntesis y la respiración se equilibran durante el día (Taiz y Zeiger, 1998).

Kulikov y Rudnev (1980) plantearon que para un alto rendimiento del cultivo del tomate, se necesita una iluminación solar intensa, con duración de la parte diurna del día no menor de 11 a 12 horas; este planteamiento está relacionado con lo expuesto por Marrero (1978), quien plantea que en días de 12 horas, el tomate se desarrolla perfectamente, ya que se provoca un mayor crecimiento y si es mayor la duración del día, la síntesis de proteína se dificulta y los hidratos de carbono se acumulan con exceso. El contenido de vitamina C aumenta con la edad, independiente del fotoperíodo.

La importancia de la luz como factor de producción está asociada con su duración, intensidad y longitud de onda. plantas sometidas a altas intensidades de luz, generalmente presentan enrollamiento fisiológico de las hojas inferiores. A su vez, altas luminosidades promueven o aumentan el tenor de vitamina C de los frutos (Menezes dos Santos, 1992).

La luz influye de manera importante en el crecimiento y desarrollo del tomate, se ha demostrado que la fructificación es mejor con una iluminación de 14 horas por día que cuando esta se mantiene solo en siete horas; pero un exceso de luz, unido a una alta temperatura, incide negativamente en la fructificación (Daly, 1971).

Existe una relación directa entre la intensidad luminosa y la intensidad fotosintética, con tal de que no exista ninguna otra limitante (Sassenrath y Ort, 1990). El potencial de fotosíntesis se disminuye considerablemente a menor intensidad luminosa (Pallas y Samish 1974).

A medida que se incrementa la intensidad luminosa aumenta la fotosíntesis y aumenta la asimilación de nitrógeno por parte de la planta. Este es un factor que determina las características morfológicas de la planta. Otro factor que se afecta grandemente cuando la intensidad luminosa es baja es la apertura de los estomas así como el número de estos por milímetro cuadrado (Nuez, 1995).

El grado de luminosidad influye no solo sobre las condiciones de fotosíntesis y el crecimiento de las hojas, sino también sobre el desarrollo de las raíces; influye además sobre la composición química y calidad de los frutos, aquellos que crecen en las regiones cálidas tienen mayor contenido de azúcares (De Armas, Ortega y Rosa Rodés, 1988)

Por otra parte, Takakov et al. (1980) y Moore y Thomas (1986) plantean que cuando se reduce la intensidad luminosa para la plántula, se incrementa la fructificación significativamente a altas temperaturas, pero cuando la temperatura es satisfactoria y la intensidad luminosa es baja, el efecto no es beneficioso. La intensidad luminosa tiene un efecto positivo sobre la precocidad, según confirma Arora, Pandela y Kirtisingh (1983), lo que demuestra en sus resultados experimentales, siendo el número de frutos por planta y el rendimiento significativamente más alto y precoz en plantas sin sombra que en cultivos bajo sombra.

Sin embargo, cuando la intensidad luminosa es débil y las temperaturas son elevadas se reduce el tamaño del fruto de tal forma que para una misma variedad el tamaño de los frutos es menor en los períodos más calientes (Gómez et al 2000). La calidad de los frutos de tomate se ve influida por la luz igualmente la intensidad de la luz tiene un marcado efecto sobre la formación de carotenoides y sustancia colorante, no siendo así con el licopeno (Nagel, 1995).

Entre los muchos efectos de la luz, en los procesos fisiológicos y morfológicos del cultivo, este factor ambiental influye en las enfermedades que atacan al mismo, lo cual está demostrado por Macool, Menge y Taylor (1982).

La radiación global influye directamente en el proceso de fotosíntesis. Otro proceso en el cual la radiación global juega un importante papel es en la evapotranspiración de los cultivos y del suelo ya que un incremento de la radiación global implica un aumento en la evapotranspiración; cuando existe suficiente disponibilidad de agua, se incrementa la evapotranspiración conduciendo a rendimientos superiores (Nonhebel, 1994).

2.2.3. Efecto de la interacción entre varios factores ambientales

El tomate posee un sistema de raíces bien desarrollado, capaz de absorber agua desde las capas profundas del suelo hasta 1 m y más. Sin embargo, con humedad insuficiente del suelo se forman frutos pequeños y cualidades gustativas desmejoradas. La humedad óptima del suelo para el tomate se considera de 60 a 80 % de la capacidad de campo (Kulicov y Rudnev, 1980).

Cuando el tomate se trasplanta la humedad del suelo debe estar a plena capacidad de campo, después se deja de regar de 10 a 20 días en función del tipo de suelo, a partir del comienzo del cuajado de los frutos hasta que el 20 % de los frutos estén rojos, debe regarse por encima de la evapotranspiración pero a partir de ese momento debe dejarse de regar a menos que sean suelos arenosos. Nuez (1995).

La alta humedad del suelo provoca altos porcentajes de frutos dañados por la pudrición apical, así como pobre desarrollo de las raíces, reducción del contenido de materia seca y bajos porcentajes de fructificación, sobre todo cuando el drenaje del suelo es deficiente (Backker, 1990; Halder y Cockshul, 1990).

El tomate presenta elevadas exigencias respecto a la humedad del aire. La humedad relativa del aire más favorable es de 50 a 65 % (Kulicov y Rudnev, 1980).

La alta humedad relativa del aire favorece el ataque de enfermedades fungosas; las anteras se hinchan y no se rompen para liberar el polen por lo cual la fecundación no se realiza y disminuye el número total de frutos por planta; se afecta el peso promedio de estos y los rendimientos disminuyen hasta un 24 %; por lo que la calidad de los mismos se ve afectada siendo óptimos valores de 70 a 80 % (Hurd y Shcard, 1981).

Otro aspecto a considerar aunque poco estudiada es la influencia que ejerce la humedad del aire en el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas, Villareal (1982) y Marrero (1986), coincide en plantear que la alta humedad relativa del aire junto a las altas temperaturas, disminuyen el número de frutos formados y por tanto el rendimiento de las plantas.

La interacción de las fuertes lluvias con las altas temperaturas afecta a la fructificación del tomate provocando la abscisión de flores y frutos, e inclusive la muerte de las plantas si esta interacción es seguida de una radiación solar intensa, provocando además de este último factor manchas en los frutos que los hacen no comerciales (Midmore, 1992).

La alta intensidad luminosa en condiciones de altas temperaturas, es muy perjudicial para la fructificación (FAO, 1992).

La habilidad de predecir los estadios de desarrollo (fase vegetativa y reproductiva) tienen como requisito básico el estar en función de las variables ambientales, según lo señala Sadi et al. (1994).

También Velazques et al. (1990) plantearon que el período de crecimiento, está en dependencia de la cantidad de días durante el cual existe humedad y temperaturas favorables para un adecuado desarrollo del cultivo, de ahí que se necesiten marcar los diferentes estadios de desarrollo de cada cultivo para cada región.

Además, se pueden establecer períodos críticos de protección contra competidores biológicos (plagas, enfermedades, etc.) ya que, en tomate, una buena aplicación del conocimiento de la fenología del cultivo es el manejo agronómico del mismo, por ejemplo: cuando la planta es menos eficiente como productora de materia seca (entre 30-45 días) se requiere una mayor atención para los insectos defoliadores, minadores, etc., en comparación con el período donde la tasa de crecimiento es alta (45-60 días) Geraund et al. (1995).

2.3. Problemática de la producción de tomate en condiciones tropicales

Poco se conoce sobre las reacciones de las plantas hortícolas al clima tropical (Gómez, 1987). Los principales factores climáticos que han atraído la atención para su estudio en esta zona son: alta temperatura y en particular la temperatura nocturna, la fuerte energía solar, la pluviometría abundante y los días cortos (Cristobal, Cabrera y Díaz, 1997 y Gómez et al., 2000) .

La radiación solar y la temperatura, altas, y relativamente uniformes, durante todo el año caracterizan los climas tropicales. Sin embargo, el régimen de lluvias es ampliamente variable en esa zona; por tanto, el exceso o la deficiencia de agua son, generalmente, las mayores limitantes de la vida de las plantas en los trópicos porque reducen notablemente su capacidad de crecimiento y de reproducción (Barush y Fisher, 1991) .

La mayoría de las variedades de tomate actuales además de ser originarias de zonas frescas han sido mejoradas y desarrolladas para producir en zonas templadas. Ellas no fructifican si las temperaturas durante la noche y el día llegan a 23gC y 30gC respectivamente y tales condiciones se encuentran frecuentemente en los trópicos donde en consecuencia el tomate es un cultivo difícil de desarrollar (Villareal, 1982).

De ahí que en la mayoría de los programas de mejora se combinen los esfuerzos hacia la adaptación climática y la resistencia a enfermedades, considerándose estos dos problemas comunes en la mayoría de los países tropicales (FAO, 1992).

La temperatura en los trópicos es particularmente desfavorable para la fructificación y limita la producción de tomate, la cual es sensible a ciertas temperaturas críticas que pueden inducir la caída de botones y flores, así como disminuir el número máximo de frutos que puede producir la planta (Abdul-Baki, 1991).

En los trópicos, la temperatura, por sí sola, rara vez afecta la actividad de la planta, siempre y cuando la sequía no sea un factor adicional (Whiteman, 1980).

Para el cuajado de los frutos las temperaturas favorables están entre 14 y 17°C por la noche, una diferencia de ± 6 °C debe existir entre ésta y la temperatura diurna. Desafortunadamente la temperatura mínima en la mayoría de los países productores de tomate del Caribe, a menor de 500 m s.n.n., raramente está por debajo de 20°C aún durante los meses más frescos del año (Gómez et al., 2000).

En el Caribe, a menudo las condiciones no son favorables para la floración, por ello las plantas alcanzan un gran desarrollo vegetativo, un gran número de hojas antes del primer racimo, pero el número de racimos se reduce y los racimos y las flores son más pequeñas. En algunos casos, se observa la ausencia total de floración. Las plantas envejecen prematuramente (Anais et al., 1881).

Las exigencias ecológicas de muchas hortalizas distan mucho de las condiciones climáticas que a menudo prevalecen en el trópico. Estas condiciones se encuentran tan cerca de los límites biológicos de tolerancia para las especies hortícolas que las pequeñas diferencias en el clima pueden tener gran influencia en el comportamiento de las plantas. Esto es válido en Cuba, sujeta durante la campaña de producción hortícola a la influencia variable de los frentes fríos, donde de manera discontinua se combinan los elementos meteorológicos (Gómez y Depestre, 1992).

Una de las clasificaciones más generales del clima de Cuba es la de W. Köppen (1907) y, a pesar del tiempo transcurrido desde que fue planteada por su autor aún tiene vigencia, según la cual el clima de Cuba es de tipo Aw (sabana tropical), sin

embargo, esto solo ubica al país en un contexto geográfico regional o mundial, lo que conlleva a interpretar al clima cubano como homogéneo y poco cambiante, cuando en realidad hay una incorrecta aplicación de las escalas de trabajo climatológico. (Lecha, Paz y Lapaniel, 1994).

Estos autores continúan planteando que evidentemente se necesita un mayor grado de diferenciación para llegar al conocimiento preciso de las diferentes zonas climáticas del país, propiciando así su explotación como recurso natural, lo cual se logra cuando se realiza la regionalización climática para lo que se utilizan diferentes criterios.

El archipiélago cubano se encuentra situado en la periferia suroccidental de un importante centro de acción atmosférica; el anticiclón subtropical del Atlántico Norte también denominado de Las Azores- Bermudas, por lo que el país se halla, casi permanentemente, bajo los efectos de una masa de aire tropical marítima, su situación entre los 20 y 23 g de latitud norte, muy cerca de la frontera septentrional de la zona tropical le permite que le llegue una gran cantidad de radiación solar de hasta 7000 MJ/m² al año, caracterizándose al país por un gran balance positivo de radiación de aproximadamente 3300 MJ/m² al año, a su vez su posición geográfica separa al año en dos períodos, uno lluvioso donde la ocurrencia de precipitaciones está altamente determinada por la presencia de otros sistemas meteorológicos, como las ondas tropicales, las hondonadas, los ciclones tropicales y la presencia de bajas frías en los niveles altos de la tropósfera, pero en ausencia de estos importantes fenómenos meteorológicos, el predominio de la influencia anticiclónica subtropical determina en gran medida, el régimen del estado del tiempo diario, favoreciendo la ocurrencia diaria de las precipitaciones y su distribución.

Se puede afirmar que la influencia anticiclónica subtropical en Cuba, en los meses del período lluvioso, establece una de las condiciones principales entre los procesos formadores del clima local, siendo la media anual para este período de 1400 mm.

Durante los meses del período poco lluvioso Cuba se halla sometida a dos tipos de influencia asociadas a los anticiclones continentales migratorios: la primera, se produce por los anticiclones continentales fríos que se desplazan hasta la mitad

meridional de Estados Unidos, momento en el cual condicionan un transporte de aire frío intenso desde el centro del continente, a través de la Florida, hasta Cuba.

El segundo, al continuar el desplazamiento de estos centros y situarse en la parte oriental de los Estados Unidos o en los mares adyacentes del Océano Atlántico el promedio anual de lluvias para este período es de 343 mm.

Uno de los indicadores fundamentales del clima es el régimen térmico y el mismo es empleado como criterio de regionalización climática, definiéndose que existen zonas en Cuba donde se pueden apreciar claramente cuatro estaciones del año definidas como:

Verano: se caracteriza por el predominio de días muy cálidos con máximas superiores a los 30°C y mínimas superiores a 20gC.

Invierno: se caracteriza por el predominio de los días frescos o fríos y días muy fríos, con máximas inferiores a 30gC (inferiores a 20gC en los días muy fríos) y mínimas con valor entre 10.1 y 20gC (inferiores a 10gC en los días muy fríos).

Período de transición verano-invierno: se caracteriza por la ocurrencia de días cálidos, que alternan su ocurrencia con días frescos.

Período de transición-invierno-verano: Se caracteriza por la ocurrencia de días cálidos son marcada oscilación

Estas cuatro variantes de régimen térmico se verifican en la Península de Zapata y porción central de la provincia de Camagüey, mientras que el verano-invierno y transición verano-invierno se presenta en la porción central de Pinar del Río y desde la costa norte de Ciudad de la Habana hasta Puerto Padre. El invierno-verano y transición invierno-verano tienen lugar en el Centro de Matanzas, Sancti Spíritus, Ciego de Avila, Camagüey, Holguín y Granma, ya en las zonas montañosas y regiones costeras de la mitad oriental, el régimen térmico es mucho más homogéneo, se presenta una sola estación térmica, o dos, a lo sumo, aunque tienen entre sí diferencias significativas.

En general los valores medios de la temperatura del aire durante los cuatro meses más extremos del año están determinadas fundamentalmente por el factor físico geográfico, efecto del relieve de la forma siguiente:

En el mes de enero, los valores de la temperatura del aire oscilan en todo el país, entre los 25 y los 26gC en la zona del litoral sur de Oriente, hasta valores ligeramente inferiores a 18gC en las alturas superiores a los 800 m sobre el nivel medio del mar. En la mitad occidental del país existe una notable uniformidad con valores que oscilan entre 20 y 22gC en todo el territorio.

En el mes de abril, el valor predominante se encuentra en el intervalo de 24 a 26gC disminuyendo el mismo en función de la altura sobre el nivel medio del mar.

En julio, la uniformidad del régimen térmico es aún más evidente y casi todo el territorio nacional se encuentra con temperaturas del aire en el intervalo de 26 a 28gC, llegando a ser cercanos a los 30gC en la zona costera de la región oriental y la costa oriental de la Isla de la Juventud.

En octubre, se cierra el ciclo anual y los valores más elevados entre 26 y 28gC se hallan en las zonas costeras de la mitad oriental del país y disminuyen hacia el interior y a medida que aumenta la altura sobre el nivel medio del mar.

Debido al efecto latitudinal se puede afirmar que en Cuba la temperatura media del aire aumenta ligeramente a medida que nos desplazamos de Oeste a Este lo que concuerda con la distribución de la magnitud de la radiación global en el territorio nacional.

En Cuba la producción de tomate se realiza fundamentalmente en la llamada "estación de seca" (noviembre-abril) donde se presentan las condiciones del clima más favorables. En los períodos de primavera-verano "estación lluviosa" la interacción de las altas temperaturas con la alta intensidad luminosa son responsables de la baja fructificación del tomate y provocan a su vez efectos sobre el crecimiento (Cuba. MINAGRI, 1984).

Otros factores presentes en estos períodos que limitan la producción de tomate a campo abierto son las precipitaciones, conjuntamente con la humedad, lo que favorece la incidencia de enfermedades principalmente de aquellas causadas por hongos y bacterias, que provocan pérdidas considerables en el cultivo, así como los virus y geminivirus que en un número superior a 20 han dado lugar a pérdidas económicas hasta un 100 % del rendimiento; sobresale entre ellos el llamado virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV), asociado a la presencia

de moscas blancas (*Bemisia tabaci*) y al no cumplimiento de las medidas de control así como dificultan su control por el lavado y lixiviación de los plaguicidas aplicados (Villareal, 1982), (González, 1995) .

Fi y Pivovarov (1985) encontraron que en las condiciones de Cuba se pueden presentar problemas con las altas temperaturas que provocan un desbalance en el intercambio gaseoso, aun en las variedades adaptadas a nuestro clima.

En Cuba en el verano, la segunda causa de importancia que obstaculiza la producción es, las altas temperaturas. Esta es la razón por la cual las plantaciones de agosto-septiembre sin protección pierden 2-3 racimos y no pueden fructificar normalmente (Marrero, 1986).

En Cuba, la interacción entre alta temperatura y alta intensidad lumínica es responsable de la baja fructificación del tomate (Gómez et al., 2000).

De acuerdo a lo expuesto hasta el momento, las condiciones climáticas imperantes en el trópico y fundamentalmente en el área del caribe no son las adecuadas para la producción de tomate si se tienen en cuenta las exigencias ecológicas del cultivo resumiéndose en que los problemas fundamentales están dados por que los genotipos en estas condiciones presentan poca capacidad de fructificación, susceptibilidad a enfermedades y baja calidad de los frutos; todo lo cual indica la necesidad de continuar con la búsqueda de variedades adaptadas climáticamente, resistentes a plagas y que se desarrollen las prácticas de manejo agrotécnico acorde a estas condiciones.

2.4. Modificaciones del fitoclima a través de diferentes técnicas culturales

Debido a la influencia del clima en el crecimiento, desarrollo y en el rendimiento de todos los cultivos, el agricultor tropical ha utilizado históricamente varios métodos de manejo del fitoclima que van desde la simple asociación de dos o más cultivos, el empleo de cortinas rompevientos, sistemas de riego, hasta el sombreado artificial o natural que permita mantener un adecuado régimen de humedad de los suelos, así

como disminuir la velocidad de los vientos en los cultivos, la intensidad luminosa y las temperaturas del aire y del suelo, según las necesidades de cada especie y las condiciones macroclimáticas de las regiones cultivadas.

2.4.1. Modificaciones del fitoclima a través de técnicas artificiales de cultivo

La técnica de protección o forzado de cultivos consigue modificar total o parcialmente las condiciones climáticas haciendo que algunos de los mismos se desarrollen con cierta independencia de los factores climáticos (Casanova, 1998).

Se define al cultivo protegido en condiciones tropicales como un sistema diseñado para brindar protección a las plantas del exceso de radiación solar y las precipitaciones imperantes en el trópico, mediante el efecto denominado “sombrialla”.

Este efecto se logra protegiendo el techo y laterales (hasta 1-1.50 m del suelo) de la instalación con cubiertas plásticas de polietileno (PE) o malla sombreadora y garantizando una máxima aereación para las plantas (Casanova, 1998).

En Guyana a partir de los resultados de las investigaciones del IRAT a finales de la década del 60 la producción de tomate se establece bajo túneles de tipo “sombrialla” a fin de proteger a las plantas y al suelo de las fuertes lluvias e intensidad lumínica que prevalecen durante el período de primavera verano lográndose reducir entre un 30-50 % la intensidad luminosa (Gómez, 1992).

El AVRDC en Taiwán (1994), reportó altas producciones de tomate con el uso de coberturas plásticas que reducen la intensidad luminosa en un 44 % alcanzándose rendimientos de 28.4 t.ha⁻¹ en condiciones de verano.

En países tropicales como Filipinas y Colombia, algunos productores siembran tomate bajo estructuras cubiertas con láminas de plástico para proteger las plantas contra las lluvias fuertes, generalmente los lados de estas estructuras se dejan abiertos para ventilación e iluminación. Este techo reduce la incidencia de insectos, enfermedades y facilita el control por cuanto la lluvia no lava los productos aplicados; también reduce la lixiviación de los fertilizantes (Villareal, 1982).

En Cuba, después de haber desarrollado inicialmente la variante de cultivo sombreado sin suelo en hidropónicos y probar un modelo de casa de cultivo procedente de Canadá con un fuerte efecto invernadero, se transfiere a partir de 1994 un sistema de alta tecnología de Israel y España con casas de cultivo entre 4 y 7 m de altura, ambiente aislado y provisto de sistemas de fertirriego los cuales propician rendimientos superiores a las 200 t.ha⁻¹ por año y se generalizan a su vez modelos cubanos con iguales potencialidades la casa de cultivo protegido con efecto sombrilla desarrollada por el Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova que propicia una alta aireación a las plantas y produce 120 t.ha⁻¹ por año.

En 1999 se inicia un programa de inversiones que debe arribar al año 2005 con 200 ha de cultivo protegido (Casanova, 1998; Cuba-Minagri, 1999).

Ventajas y desventajas del cultivo protegido artificial.

Ventajas

Altos rendimientos con mejor calidad

Menos riesgos para la calidad y el rendimiento

Extensión del tiempo de producción y cosecha

Disminución del consumo de agua

Mejor utilización de fertilizantes y plaguicidas

Mejor aplicación de las estrategias del MIP

Menor afectación de algunas enfermedades

Desventajas

Mayor dependencia de la fertilidad del suelo

Rendimientos en ocasiones limitados por parásitos del suelo

Requiere un alto nivel técnico del productor

Riesgo elevado en caso de error (falta de electricidad, riego, etc.)

Alta inversión inicial.

2.4.2. Modificaciones del fitoclima a través de sistemas naturales

Se ha demostrado que el manejo y manipulación del fitoclima tradicionalmente practicado en muchos sistemas agrícolas tropicales y subtropicales de pocos recursos, contribuyen apreciablemente a la protección de ambientes agrícolas vulnerables. Existen ejemplos de tales prácticas como son: sombra, mulching (arroke), protección del viento y algunas otras formas de modificación de superficies con implicaciones microclimáticas. Varias formas de intercalamiento son envueltos, desde un sistema mixto hasta sistemas complejos de jardines caseros.

La sombra natural es por defición aquella que provee protección contra los factores bióticos y abióticos mediante árboles, cultivos de porte alto (intercalamientos) setos de plantas, plantas rastreras e hileras (arroke natural) (Stigter, 1992).

El sombreamiento puede ser utilizado para el manejo y manipulación del fitoclima, provocando una modificación del balance de energía en la superficie del suelo, en el follaje de los cultivos, en la superficie de los semilleros o en órganos individuales de las plantas como tallos, hojas, flores o frutos.

La radiación solar incidente es la fuerza motriz del balance de energía, por lo que la sombra va a implicar la reflexión y absorción del exceso de energía solar, trasmitiendo solo los requerimientos del suelo o cultivos. Esta transmisión de radiación es usada para la fotosíntesis, el calentamiento y la evaporación (incluyendo el secado) (Stigter, 1984).

La asociación con plantas de porte alto permite modificar el fitoclima, ya que son capaces de interceptar parte de la radiación solar incidente a través de sus doseles (Liebman, 1997); reducen la temperatura del suelo y del aire y aumentan la humedad del aire disminuyen el efecto del viento y la incidencia de plagas al actuar como barreras protectoras (León, 1998).

En estudios realizados por Midmore (1990) se reporta el uso del maíz como fuente de sombra, intercalado con la papa. En este caso, el maíz interceptó el 80 % de la incidencia de la luz solar, con este sistema se mejoró la emergencia y

establecimiento del cultivo en el terreno sombreado, disminuyendo la temperatura del suelo y conservando la humedad del mismo.

Se realizaron estudios de intercalamientos de maíz con ají y pimiento fuera del período óptimo de desarrollo del cultivo. El maíz fue utilizado como sombra para reducir la intensidad luminosa, la cual fue menor cuando el pimiento creció en el mismo cantero que el maíz (AVRDC, 1991, 1992 y 1993).

Se utilizó al maíz con el mismo objetivo de disminuir la radiación solar y la temperatura del aire y del suelo para poder cultivar lechuga fuera de su períodos óptima, obteniendo 12.4 t.ha^{-1} de lechuga asociada y 10.5 t.ha^{-1} de lechuga en monocultivo (Quintero, 1999).

En agroecosistemas de maíz con yuca, sólo el 44, 46 y 47 % de la radiación global existente pasó a través del dosel de las plantas en los arreglos espaciales de $0.90 \times 1.00 \text{ m}$; $1.80 \times 0.50 \text{ m}$ y $1.40 \times 0.60 \text{ m}$ provocando una disminución de la temperatura del aire de 0.47gC como promedio (Mojena, 1998).

Los llamados Alley cropping que son sistemas de asociación de cultivos, donde los árboles son utilizados para sombrear cultivos como el cafeto y el té, son frecuentes en la literatura internacional. En Cuba, el 98 % de las áreas destinadas al cultivo del cafeto se desarrollan en los principales sistemas montañosos y sus estribaciones, bajo la sombra de diferentes especies arbóreas, con el objetivo de atenuar las altas temperaturas diurnas (Díaz, 1990).

El uso de altas densidades de plantación en cultivos como el cafeto también contribuye a proveer sombra, ya que son capaces de interceptar hasta un 90 % de la radiación solar incidente que llega al follaje, lo cual fue reportado por Soto (1994).

2.5. Sistemas de cultivos

Se define como cultivos múltiples, a la producción de dos o más cultivos en la misma superficie de suelo durante el mismo año. es el uso eficiente de los factores de crecimiento (luz, agua y nutrientes) del espacio y el tiempo disponibles, para intensificar la producción agrícola (Rosset, 1994).

Las prácticas de cultivos múltiples han sido consideradas tradicionalmente ventajosas en contraste con la de cultivos por separado. Las ventajas más comunes se refieren a la complementación del uso de recursos entre los cultivos que se asocian, a una mayor eficiencia tanto en el uso del espacio como del tiempo y la reducción de la incidencia de plagas y enfermedades.

No obstante, estas ventajas, esta práctica se mantuvo durante mucho tiempo aislada en términos de investigación ya que generalmente se asociaba con la agricultura primitiva.

Con la creación de los Centros de Investigación Agrícolas es que se comienza a dar respuesta a la complejidad de las decisiones a tomar en los sistemas de cultivos, en su manejo, a las interacciones que se presentan en la unión de los diferentes cultivos, al tiempo relativo de la composición del sistema, a las relaciones y distribuciones espaciales y a las condiciones y beneficios económicos de estas asociaciones Midmore (1990).

2.6. Las asociaciones de cultivo. Su terminología

Hasta hace unos veinte años, los investigadores agrícolas, en general, ignoraban las características que hacían necesarias las asociaciones. Sin embargo, recientemente la investigación sobre asociaciones ha aumentado y muchos de los beneficios potenciales de estos sistemas se han hecho más evidentes (Pérez, 1998).

Los policultivos o cultivos asociados, constituyen actualmente un tema frecuente en las investigaciones agroecológicas. Muchas experiencias han demostrado que producen un rendimiento por área mayor que los monocultivos; algunos ejemplos de policultivos que han demostrado esta ventaja son: maíz-frijol, maíz-yuca, maíz-calabaza, maíz-papa y tomate- pepino (Rosset, 1985, Hernández, 1995 y 1998).

También, desde el punto de vista del uso racional del espacio agrícola, Casanova (1994) citó algunos ejemplos de estos socios entre cultivos agrícolas, destacándose: zanahoria-col, lechuga-col, zanahoria-ajo, tomate-frijol y otros.

En los últimos años, se han publicado numerosos trabajos referentes a las asociaciones de cultivos, partiendo de diferentes objetivos. Un ejemplo lo constituye experimentos realizados por Leyva (1987 y 1992), Creach (1992) y Pérez y Hernández (1993) con intercalamiento de frijol, soya y maní entre hileras de caña de azúcar, resultando verdaderamente factibles estas asociaciones.

Un intercalamiento desde el punto de vista del mantenimiento o conservación de la fertilidad del suelo, fue presentado por Guzmán (1995), con asocio de maíz-canavalia, maíz-vigna; encontrando que en ambas asociaciones se reciclan e incorporan al suelo más de 1 t.ha^{-1} de masa seca, 30 kg de N, 2 kg de P_2O_5 y 29 kg de K_2O por hectárea por la vigna y en el caso de la canavalia se incorpora 38 kg de N y 5 kg de P_2O_5 .

Se han empleado diferentes terminologías para definir los intercalamientos de cultivos pero a nuestro juicio una de las más completas es la de Willey (1979) quien planteó que para que exista intercalamiento de cultivos no necesariamente ambos cultivos deben sembrarse exactamente en la misma fecha ya que sus cosechas pueden diferir ampliamente, aunque se desarrollan de forma simultánea durante una parte significativa de sus períodos de cultivo.

A su vez el cultivo de relevo lo define como aquel donde los ciclos del cultivo solo se solapan brevemente durante la etapa final del ciclo del primer cultivo e inicio de la del segundo.

También se refirió a los cultivos mixtos donde las diferencias no se establecen en cuanto al ciclo de vida, sino que existe una mezcla o diseminación irregular de un cultivo dentro de otro.

Posteriormente, Leyva (1992) hace referencia a la terminología a emplear tanto en asociaciones como intercalamientos, definiéndolos de la forma siguiente:

Cultivos intercalados: siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes, pero vecinos.

Cultivos mixtos: siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, sin organización en surcos.

Cultivos en fajas: siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, pero en fajas amplias. Este permite un manejo independiente de cada cultivo.

Cultivos dobles: siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo cultivo después de la cosecha del primer cultivo (el mismo concepto para las triples, entre otros).

Cultivo de relevo: siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo cultivo antes de la cosecha pero después de la floración del primero. Si la floración del primer cultivo se retarda con la presencia del segundo cultivo, el sistema queda dentro de las categorías de cultivos intercalados o cultivos mixtos.

Cultivos de soca: el cultivo de la soca después de la cosecha, no necesariamente para cosechar el grano.

Monocultivo: siembra de una variedad de un cultivo con su densidad normal (sinónimo de siembra uniforme).

Patrón de cultivos: la secuencia anual y la colocación física de los cultivos, o de los cultivos y el barbecho en determinado campo.

Sistemas de cultivos: los patrones de cultivos utilizados en una finca y sus interacciones con recursos y otras actividades en la finca, así como la tecnología disponible que determina su composición.

Índice de cultivos: el número de cultivos sembrados anualmente en determinado terreno multiplicado por 100.

2.6.1. Ventajas y desventajas que se le atribuyen a las asociaciones de cultivos

Según Pires de Mattos (1993) existen posibles ventajas y desventajas en los sistemas de asociación de cultivos.

Ventajas:

Mayor aprovechamiento de la tierra

Mayor aprovechamiento del agua

Mayor economía de fertilizantes

Mayor conservación del suelo contra la erosión
 Mayor control biológico en plagas y enfermedades
 Mejor uso de mano de obra familiar campesina
 Mayor ingreso por unidad de área
 Protección contra las heladas, por susceptibilidad diferencial de las especies y el fitoclima de la asociación
 Menor riesgo para el agricultor por el temporal y el mercadeo si se plantea bien.

Desventajas

Requerimientos de condiciones ambientales especiales
 Restringido a explotación familiar o a zonas de buena disponibilidad de mano de obra
 Requerimiento de especies y variedades compatibles
 Problemas de mercadeo de productos
 Dificultad de la mecanización

2.6.2. Premisas, Aspectos básicos y biológicos a tener en cuenta en las asociaciones de cultivos

2.6.2.1. Premisas para establecer asociaciones de cultivos

Este es un aspecto que varía en función del objetivo que se persiga o en muchas ocasiones pueden cumplir varios objetivos a la vez.

Willey (1979) abordó el caso de intercalamientos con el fin de evaluar los mejores en el rendimiento y con ese objetivo los dividió en tres etapas básicas que a continuación se esbozan:

Cuando el objetivo del intercalamiento es obtener el rendimiento completo del cultivo principal y algún rendimiento del cultivo secundario. En estos casos se traza como segundo objetivo maximizar el rendimiento del segundo cultivo sin tener detrimentos en el primero.

Cuando el rendimiento combinado de los cultivos intercalados excede el mayor rendimiento de los monocultivos. En este caso se hace la suposición de que el

rendimiento por unidad de cultivo es igualmente aceptable y por lo tanto solo se requiere alcanzar un rendimiento máximo sin considerar el cultivo del que proviene. Generalmente esto ocurre en genotipos de una misma especie o especies de pastos.

Cuando el rendimiento del intercalamiento excede el rendimiento combinado de los monocultivos. En este caso el aumento en el rendimiento ocurre si el intercalamiento proporciona rendimientos mayores que la suma de los rendimientos de los cultivos por separados.

Los cultivos con ciclos similares, ofrecen ventaja como resultado de la utilización del espacio, mientras que en los cultivos asociados con ciclos de vida diferentes, el aprovechamiento de las dimensiones espacio y tiempo, determinan la ganancia del sistema, según Adbin et al. (1998).

Dentro de estas asociaciones se establecen interacciones que pueden dividirse en los efectos negativos o de competencia contra los efectos positivos o de complementación.

Las plantas compiten entre sí por recursos del medio ambiente como el agua, los nutrimentos y la luz. Por lo tanto, la severidad de la competencia y el resultado de la misma están modulados por la disponibilidad de recursos. La competencia sobre el nivel del suelo se ejerce usualmente por la luz, como ocurre en el sombreado de las plantas pequeñas por las altas (Baruch y Fisher, 1991). Willey (1979) reconoció tres formas diferentes de situaciones competitivas en cuanto a rendimiento entre cultivos en asociación.

Cuando el rendimiento real de cada especie en asociación es menor que el esperado, o sea, que existiría una inhibición mutua entre las especies.

Ej: Ruiz et al. (1992) encontraron que el rendimiento de cada cultivo en la asociación pasto estrella-dolicho fue menor que el esperado en relación con el cultivo puro o monocultivo.

Cuando el rendimiento de cada especie es mayor que el esperado, por lo que existe una cooperación mutua.

Ej. Santos (1992) intercaló cultivos de ciclo corto en mango, tales como: frutabomba, boniato, frijol y soya, los rendimientos obtenidos fueron altos, al igual que existió un aumento en el vigor y la productividad del cultivo principal.

Cuando el rendimiento de una de las especies es menor del esperado y el de la otra es mayor, existiendo en este caso una compensación entre especies.

Ej. Solankup (1978, citado por Mojena, 1998) obtuvo resultados inferiores en el rendimiento de la yuca al obtenido en el monocultivo, cuando esta fue asociada con maní; sin embargo, los rendimientos de este último fueron un 4.47 % superiores en el intercalamiento con relación al monocultivo.

Estas competencias o relaciones reciben los nombres de competencia intraespecífica, que es aquella que se establece entre individuos de una misma especie y competencia interespecífica, la cual se establece entre individuos de diferentes especies, aunque en este sentido Vandermeer (1995) planteó que la competencia entre especies de plantas es neutral, o sea, que la competencia entre individuos dentro de la misma especie es igual a la competencia entre individuos de diferentes especies.

No obstante, el mismo autor, basándose en la teoría de la diversidad de especies de la ecología, enuncia dos mecanismos que operan en las asociaciones de cultivos, las cuales son nombradas teoría de la producción competitiva que se define por si dos cultivos no están compitiendo fuertemente entre ellos, es mejor producirles en policultivos que en monocultivos separados. La otra ley es la de facilitación donde hay un beneficio aportado a un cultivo por la presencia del otro cultivo.

Un ejemplo de la primera (ley competitiva) lo presentan los policultivos agroforestales donde existen tres nichos que deben ser compartidos por los cultivos de la siguiente forma: el que ocupa el árbol, el que ocupan los cultivos que pueden crecer en los claros intermedios y el que ocupa el cultivo que crece bajo la copa del árbol.

En el caso de la ley de facilitación un ejemplo lo constituye el caso de una leguminosa y una no leguminosa, creciendo juntas, donde la no leguminosa toma de la leguminosa el nitrógeno que ésta es capaz de captar de la atmósfera.

2.6.3. El genotipo en la asociación de cultivos

Es muy difícil especular sobre el potencial genético de los cultivos en asociación, ya que se conoce que en asociaciones de maíz y frijol existen genotipos que por separado no son capaces de expresar su potencial de rendimiento; así como también que no todos los genotipos admiten la asociación y se detecta un efecto competitivo perjudicial que se manifiesta en un detrimento en el rendimiento, ya sea de uno de los cultivos o de ambos (Hernández, 1998). Por otra parte las actuales variedades mejoradas fueron desarrolladas para sistemas de monocultivo, por lo que no se puede afirmar que las variedades óptimas para monocultivo lo serán también para la asociación.

Los investigadores dedicados a trabajar sistemas de cultivos múltiples o policultivos buscan variedades con estos fines. Las investigaciones tienden a evaluar programas independientes de mejoramiento para cada cultivo, teniendo en cuenta la ocurrencia de interacciones significativas entre genotipos y sistemas de cultivos, realizándose dichas mejoras en condiciones más semejantes a las empleadas en la producción (Peternelli et al., 1994).

Un estudio que involucra genotipos de maíz y frijol fue realizado en Colombia; se estudiaron tres genotipos de maíz y diez genotipos de frijol, con diferentes hábitos de crecimiento; en este caso, el autor no encontró interacción significativa entre genotipos de maíz, pero sí hubo una interacción entre el unicultivo y la asociación. Las variedades más vigorosas de frijol produjeron mejor en asociación que en unicultivo en relación con el resto (Hernández, 1998).

Este es un aspecto en el que aún no se han desarrollado estudios profundos y se cuenta con poca información.

2.6.4. Tiempo relativo de siembra

De gran importancia resulta el momento en que deben ser asociados los cultivos; lo que va a depender de su ciclo de vida y de las implicaciones biológicas y económicas, así como de los objetivos que se persigan.

Según Dietrich (1983), si el cultivo principal se establece muy temprano puede afectar al cultivo asociado al no tener fuerza para sobrevivir a la competencia; en este sentido, Leyva et al. (1993) señalan que al asociar maíz al cultivo del boniato, conviene realizar su plantación entre 10 y 15 días previos a la siembra del maíz; de esa forma, la primera cosecha de maíz tierno será a los 85 días, posteriormente el forraje de ambos cultivos (100-110 días) y finalmente la cosecha de boniato.

A su vez, María de los A. Pino et al. (1993), encontraron que los mejores resultados se obtenían sembrando el quimbombó como protector del cultivo del tomate, establecido fuera de períodos , 15 días antes del trasplante del mismo. La misma autora encontró resultados similares al trasplantar tomate dentro de una plantación de plátano con ocho meses de edad.

Mojena (1998) señala que de forma general para los cultivos de ciclo corto asociados a cultivos de ciclo largo, es conveniente sembrar simultáneamente para evitar reducciones drásticas de los rendimientos y a la vez buscar la factibilidad de la mecanización, lo que constituye una implicación económica.

2.6.5. Densidades y arreglos espaciales

En las asociaciones de dos o más cultivos, la distribución de estos en el campo es de gran importancia ya que afecta la eficiencia en el aprovechamiento de la luz solar, y en el cubrimiento del suelo, observándose sistemas en borde, en franja, intercalados, mixtos, cada uno de los cuales se establece para funciones determinadas (Willey, 1979).

Cuando la densidad de siembra es mayor en los policultivos que en los monocultivos, los primeros pueden interceptar más luz en las primeras etapas de desarrollo (Debele, 1997).

Teóricamente un patrón de siembra en el cual cada planta esté a igual distancia de las otras sería lo ideal, ya que permite el uso más eficiente de los recursos para crecer y producir; sin embargo, razones prácticas como la preparación de suelos, la factibilidad de la siembra, las labores de cultivo y la cosecha muchas veces hacen más deseable un ordenamiento diferente (Nyakatawa y Kamba, 1997).

A su vez, Liebman (1997) plantea que los policultivos compuestos por patrones no sincronizados de desarrollo de la copa y distintos momentos de maduración a lo largo de la temporada de crecimiento interceptan mayor energía luminosa al tener mayores densidades totales que los monocultivos.

La siembra o plantación de uno de los dos cultivos que se asocian, a la distancia normal del monocultivo, reduce el rendimiento de uno de ellos. El excesivo espaciado por otra parte, reduce los rendimientos en términos de producción total por superficie, de ahí que las poblaciones intermedias, favoreciendo al cultivo principal con mayores densidades, pueden aportar los mejores resultados. Este principio debe seguirse, tanto para cultivos de ciclo diferentes como de ciclos similares (Leyva, 1992).

Se han realizado varios trabajos con vistas a encontrar en cada combinación de policultivos, cuál es la distribución espacial adecuada, Venegas et al. (1994) plantean que en el manejo de los policultivos se requiere del diseño de una combinación espacial y temporal de cultivos, existiendo múltiples arreglos de cultivos en superficies y cada uno genera diferentes aspectos sobre las poblaciones vegetales y animales presentes en el área.

Vandermeer (1995) señaló que en las asociaciones de dos o más cultivos, la distribución de estos en el campo es de gran importancia, ya que afecta la eficiencia en el aprovechamiento de la luz solar y en el cubrimiento del suelo, otro aspecto que señaló es que el arreglo espacial tiene una influencia importante en el grado de competencia entre los cultivos que se asocian.

En la distribución espacial de los cultivos, se toma en cuenta el clima, la temperatura del suelo, la eficiencia de la intersección de la radiación solar y se busca un manejo más fácil de los cultivos (Midmore, 1990).

2.6.6. La agricultura convencional y el control de plagas. Consecuencias de esta filosofía.

La agricultura implica la simplificación de la estructura del medioambiente de vastas áreas, reemplazando la diversidad natural con un número pequeño de

plantas cultivadas y animales domésticos. El resultado final de la simplificación de la biodiversidad para propósitos agrícolas es un agroecosistema artificial que requiere de la intervención humana constante (Altieri, 1992).

Las consecuencias de la reducción de la biodiversidad son realmente evidentes en el campo del manejo de plagas agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se manifiesta a través del empeoramiento de la mayoría de los problemas de plagas y está ligada con la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación local nativa, decreciendo con ello la biodiversidad (Altieri y Letourneau, 1982; Flint y Roberts, 1988).

Se estima que las plagas causan un total de daños entre el 40 – 48% en la producción mundial de alimentos. En el campo los daños alcanzan un promedio de 33 – 35% de la producción potencial y las pérdidas en postcosecha son del orden de 10 –20% (Andrews, 1989; Anónimo1991). Según cálculos actuales, las pérdidas globales debidas a plagas ascienden a 300 000 millones de dólares anuales, cifra equivalente al 30 % de la producción global de alimentos, fibras y piensos (Vergara, 1997).

Pérez y Del Pozo (1995) resumen las prácticas que en mayor medida han favorecido la aparición de plagas: El monocultivo, el traslado de material vegetal contaminado, la fertilización mineral indiscriminada y el uso intensivo de plaguicidas. De estos, dos de los factores más importantes son el monocultivo y como consecuencia de los anteriores, el uso intensivo de plaguicidas.

En cuanto al monocultivo, Altieri (1983) manifestó que los campos expuestos a las concentraciones de una sola especie de cultivo abren innumerables posibilidades para la invasión de plagas, proporcionando recursos concentrados y condiciones físicas uniformes que estimulan las poblaciones de insectos fitófagos. Según Pérez (1996) la causa principal de la aparición de las plagas es la pérdida de la biodiversidad.

En los monocultivos la abundancia y la eficiencia de los depredadores se reducen porque estos ambientes simplificados proporcionan fuentes alternativas

inadecuadas de alimentos, refugio, sitios de reproducción y otros factores ambientales (Altieri, 1983, 1997; Liebman, 1997).

El uso indiscriminado de plaguicidas en el control de plagas y enfermedades constituye un grave problema (Pineda, 1996). El tema de los plaguicidas es uno de los más polémicos del campo de la fitoprotección, por los problemas de índole ambiental que han causado y siguen causando, existen sectores de la sociedad que abogan desde su eliminación total, y pasando por el uso moderado, hasta la afirmación de que su empleo no causa ningún problema (León, 1998).

El hecho de que el control unifocal propuesto por los entomólogos haya sido utilizado vastamente, trajo como consecuencia: generación de resistencia en los insectos, contaminación del medio ambiente y problemas en la salud humana (Anónimo, 1991, Fedearroz, 1995, Navarro y Barba, 1995).

Los tratamientos con insecticidas de espectro de acción amplia y de manera intensiva, implican cambios importantes en el cultivo o en el ecosistema. Por una parte ocasionan la eliminación de enemigos naturales de las plagas y por otra conllevan a una selección de poblaciones resistentes o tolerantes (en las plagas), a los productos empleados. Esto a su vez da lugar a ataques más intensos y difíciles de controlar, que obligan al agricultor a emplear más aplicaciones de insecticidas cada vez más nocivos para el medio ambiente y para la salud humana (Carnero y Espino de Paz, 1991).

Hay distintas causas del aumento en la incidencia de las plagas: la mortalidad diferenciada de enemigos naturales y plagas, el aumento de la tasa de crecimiento de las poblaciones de plagas, la fitoestimulación de plagas, y la eliminación de competidores. Los insecticidas son intrínsecamente más tóxicos para los enemigos naturales que para las plagas y muchas veces los enemigos naturales están también más expuestos. Otras causas de la disminución de la abundancia de los enemigos naturales son: la ruptura de la sincronización entre la plaga y su enemigo natural, el desarrollo de resistencia diferenciada, la ruptura de las cadenas alimentarias, y los efectos de los productos químicos fitosanitarios sobre los entomopatógenos (Van Huis, 1992).

El cuidado del ambiente es una condición indispensable para lograr que los niveles de productividad agrícola se logren sustentablemente. A pesar de esto, el empleo de plaguicidas es la estrategia de protección de los cultivos que ha sido ampliamente adoptada en la mayoría de los países latinoamericanos y por los agricultores que participan en el mercado de productos agrícolas (Trujillo, 1992, Ripa y Cartagirone, 1994). El crecimiento del uso de plaguicidas químicos era de esperarse ya que estos son al principio efectivos y fáciles de usar. El número de plaguicidas registrados en 1936 era de 30 y aumentó a más de 900 en 1971 y la producción anual en los EEUU de menos de 100×10^6 lb a más de 1400×10^6 lb en 1978 (Metcalf y Luckman, 1990). El grado de perfeccionamiento, la facilidad de empleo y el bajo costo relativo de la lucha química hacen que los agricultores la prefieran muy frecuentemente al empleo de métodos culturales u otros más laboriosos y cuyos efectos son menos evidentes (Missonier, 1992).

Alternativas para paliar estos problemas.

Según Beingolea (1995), los inconvenientes de la simplista tecnología del control químico intensivo, generaron como reacción la búsqueda de otras tecnologías. Tres son los sistemas alternativos al control químico intensivo: La agricultura orgánica: que busca obtener una producción agrícola natural, libre de contaminación, con total prescindencia de agroquímicos. El control biológico: significa aplicar a la agricultura los principios ecológicos de la regulación natural de poblaciones de plagas. El control integrado o manejo integrado de plagas (CIP o MIP): consiste en el empleo de todos los medios de control disponibles (legal, cultural, mecánico, físico, etológico, biológico y químico), de manera complementaria y armoniosa.

Existen otras corrientes para manejar las plagas, como el manejo ecológico de plagas, que aboga por el no uso de los plaguicidas en sentido absoluto, esta corriente se asemeja en su esencia a la agricultura orgánica. Rivera (1994) define el manejo ecológico de plagas como las manipulaciones que se hacen en el

Agroecosistema con el objetivo de mejorar o activar los mecanismos de control natural, se basa fundamentalmente en el Control Cultural.

Control cultural.

Los métodos culturales consisten en modificar una técnica agrícola, ellos pueden aplicarse a todos los niveles de la relación de fitófago-medio; o sea, manejar los cultivos de tal modo que ellos sean o menos favorables para los enemigos, y que presenten el mejor estado de resistencia o tolerancia respecto a estos últimos, que no haya que emprender normalmente acciones de lucha específicas. Para ello, está a disposición del agricultor todo un arsenal de métodos culturales que, de hecho, utilizan las técnicas usuales de la práctica agrícola; él las adapta sin trastornar su sistema de producción, sin imponerse apremios excesivos. El agricultor trata de crear un sistema de cultivo acorde con las exigencias de su producción, que presente un equilibrio biológico lo más satisfactorio posible, de suerte que los niveles poblacionales de los fitófagos queden por debajo de los umbrales de nocividad y se mantengan así normalmente (Missonier, 1992).

Las prácticas culturales pueden evitar la colonización y establecimiento de plagas en un cultivo. La rotación de cultivos, el entierro de residuos con el arado y el laboreo pueden romper el ciclo biológico de algunas plagas. Ajustando las fechas de siembra y cosecha se reducen también los ataques de las plagas. Las prácticas de fertilización, especialmente el uso de N, influyen también en la dinámica poblacional de las plagas. La disposición de las siembras y la composición del cultivo pueden tener efectos positivos sobre el control de plagas; así, la densidad de siembra afecta la diseminación tanto de patógenos del suelo como del aire e influye en el proceso de colonización de plagas insectiles (Power, 1989; Carnero y Espino de Paz, 1991; Missonier, 1992; Rosset, 1993; Altieri, 1996)

La combinación de plantas puede tener efectos positivos en la conservación de enemigos naturales; estos pueden ser cultivos múltiples, franjas de cultivos, cosechas por franjas, o cultivos de cobertura (Trujillo, 1992). Rosset (1993) incluye dentro de estas prácticas el alejamiento entre el cultivo y la fuente de

invasores. El uso de cultivos en franjas puede ser un método a menudo eficaz al incrementar la diversidad genética (Power, 1989; Carnero y Espino de Paz, 1991; Missonier, 1992; Rosset, 1993; Altieri, 1996).

Otras técnicas de control cultural de plagas son: Aprovechamiento de los efectos alelopáticos en el control de malezas, empleo de variedades con efecto depresivo sobre las plagas así como resistentes a éstas, manipulación de la temperatura y humedad de los suelos (solarizadores) (García, 1995), calentamiento del suelo por insolación o quema, inundaciones temporales, uso de enmiendas orgánicas en grandes cantidades, cultivos de protección, etc. La adopción de estos métodos dependerá en gran medida de factores sociales, económicos, biológicos y ambientales (Rosset, 1993; Altieri, 1996).

La biodiversidad y su rol en el control de plagas.

La biodiversidad es un resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes modos de ser para la vida. La mutación y la selección determinan las características y la cantidad de diversidad que existen en un lugar y momento dado (Halffter y Ezcurra, 1992).

Rabinowitz (1986) y Halffter y Ezcurra (1992), plantean que la diversidad biológica comprende tres niveles: el genético, el ecológico y el biogeográfico. La diversidad es posible considerarla desde el hábitat natural hasta el que es modificado por el hombre, ya sea de un área de pequeñas dimensiones (campo), pasando por áreas medias (regiones), hasta áreas grandes (países y continentes) (Heywood, 1993). Cuando las escalas son menores pasan a formar parte de la ecología, conocida como análisis de gradiente (Palmer, 1995).

En el programa medioambiental de las Naciones Unidas se definió la biodiversidad, en términos globales, como una variabilidad que ocurre entre los organismos y los complejos ecológicos (UNEP, 1992). Fernández, María y Jongman (1994), son más amplios al plantear que la biodiversidad expresa tanto el número de especies de un área, esto es su riqueza específica, como la distribución relativa de los individuos en las especies; es decir, la importancia

numérica o el número de individuos de cada una. Por su parte, Elizabeth Bravo (1995) y Braulio (1996) se limitan a definirla como la variación que existe en las diferentes formas de vida. Altieri (1997), se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes que interactúan dentro de un ecosistema.

El funcionamiento de un agroecosistema está ligado a su diversificación, tanto desde el punto de vista de la biodiversidad como de la diversidad cultural y ambiental (Bello y Gowen, 1993 y WRI, UICN y PNUMA, 1992). La diversidad de cualquier hábitat y escala se hace máxima cuando coexiste un gran número de especies con más o menos la misma abundancia por especies (Palmer, 1995).

La diversidad de especies probablemente imparte estabilidad al proveer canales alternativos para el flujo de energía y nutrientes a través del ecosistema. Otra posible ventaja del mayor número de especies en una comunidad es que existen menos nichos vacíos y por lo tanto menos oportunidades de invasión para especies nuevas (Southwood y Way, 1970).

Las complejas interrelaciones que se establecen entre poblaciones, comunidades y de estas últimas con los factores abióticos constituyen el ecosistema. Los ecosistemas pueden abarcar varios cultivos y terrenos colindantes, por lo que el estudio de estos tiene un carácter extensivo (Price y Waldenbauer, 1990).

Los ecosistemas naturales se pueden considerar como modelos para el desarrollo de estrategias de manejo de plagas en los agroecosistemas (Altieri, 1983). Otros autores manifiestan criterios parecidos, por ejemplo, Trujillo (1992) nos expone que para promover el desarrollo de nuevos éxitos de control biológico en Latinoamérica por medio de la conservación de enemigos naturales de plagas es necesario consolidar el concepto que la agricultura es una actividad más cercana a la forma de operar de los ecosistemas naturales que a la de actividades industriales.

La base primaria de todo agroecosistema la constituyen los vegetales; Price y Waldenbauer (1990) nos confirman que la comunidad vegetal tiene una influencia determinante en la comunidad de insectos que la explota. El número de artrópodos en una comunidad se relaciona estrechamente con cinco factores principales:

Diversidad de las especies vegetales.

Diversidad de las estructuras vegetales.

Distancia existente entre la comunidad y la fuente de colonizadores.

Duración del lapso disponible para la colonización.

Tiempo evolutivo disponible para la evolución conjunta de los herbívoros y sus hospedantes.

La variedad de especies vegetales y su complejidad estructural les brindan la posibilidad a los insectos de colonizar en forma muy diversa ya que les proporcionan diversidad de nichos. El nicho ecológico de una especie se define como los recursos (alimentos, espacio, tiempo, temperatura, humedad y hábitat), que proveen a ésta de todos los requerimientos para su existencia y reproducción. En la comunidad se establecen verdaderas redes tróficas cuyos eslabones o niveles primarios son las plantas y los últimos los depredadores y organismos saprófitos. A través de toda esta red la energía fluye en sentido decreciente, la biomasa también disminuye a través de estos eslabones. Las interacciones en estas redes son complejas y no tienen un carácter estrictamente unidireccional (Price y Waldenbauer, 1990).

En la naturaleza existe un gran número de insectos que son beneficiosos a la agricultura, pues según sus hábitos pueden ser depredadores de insectos fitófagos o parasitoides de éstos. Este control que ocurre en la naturaleza, de manera natural y continua, sin la intervención del hombre, forma parte importante del equilibrio biológico que existe entre las especies vivientes (Pazo, 1995).

Pérez (1998) citando a De La Torre (1993) plantea que en la naturaleza existe un equilibrio natural entre las diversas especies de animales y vegetales. Se conoce que el 99 % de todas las plagas potenciales están bajo control biológico natural (Montenegro, 1992).

Para que estos organismos actúen eficientemente se puede recurrir a ciertas medidas de carácter conservacionista, una de ellas es mantener cierta biodiversidad funcional para proporcionar hospedantes alternos (Stehr, 1990).

En la agricultura existen vías para aumentar la biodiversidad y con ello la estabilidad de los Agroecosistemas en lo referente a las poblaciones de fitófagos temporal y espacialmente, estas son:

La rotación de cultivos y los policultivos.

Los policultivos.

Los campos expuestos y las concentraciones de una sola especie de cultivo abren innumerables posibilidades para la invasión de plagas, proporcionando recursos concentrados y condiciones físicas uniformes que estimulan las poblaciones de insectos fitófagos (Altieri, 1983, 1997).

La concentración en extensas áreas de cultivos de la misma variedad y especie, tiene muchos riesgos especiales, en particular la aparición o introducción y rápida diseminación de patógenos destructivos (Castaño, 1992). Los monocultivos son casi invariablemente propensos a las enfermedades. Una de las diversas estrategias epidemiológicas que se pueden aplicar para minimizar las pérdidas debidas a las enfermedades y nemátodos de las plantas es aumentar la diversidad de las especies y/o genética de los sistemas de cultivo (Altieri, 1983, 1997).

Hasta hace unos veinte años, los investigadores agrícolas, en general, ignoraban las características que hacían necesarias las asociaciones. Sin embargo, recientemente la investigación de asociaciones ha aumentado y muchos de los beneficios potenciales de estos sistemas se han hecho más evidentes (Pérez 1998).

Los policultivos o cultivos asociados, constituyen actualmente un tema frecuente en las investigaciones agro-ecológicas. Muchas experiencias han demostrado que producen un rendimiento por área mayor que los unicultivos (Rosset, 1985). Desde el punto de vista del uso racional del espacio agrícola, Casanova (1994) citó algunos ejemplos de estos socios entre cultivos hortícolas, destacándose: zanahoria-col, lechuga-col, zanahoria-ajo, tomate-frijol, etc.

Los cultivos con ciclos similares, ofrecen ventaja como resultado de la utilización del espacio, mientras que los cultivos asociados con ciclos de vida diferentes, el aprovechamiento de las dimensiones, espacio y tiempo, determinan la ganancia del sistema, según Dietrich (1983), citado por Leyva (1993).

Índice equivalente de la tierra: Vandermeer (1989) lo define como la superficie bajo monocultivo que se necesita para producir los mismos volúmenes de rendimiento que un área unitaria de policultivo bajo el mismo régimen de manejo. Según este autor, la medida más utilizada para medir la efectividad de un policultivo es el IET o LER (por sus siglas en inglés, Land Equivalent Ratio). La fórmula para determinarlo es la siguiente:

$$IET = \frac{Pa}{Ma} + \frac{Pb}{Mb}$$

Donde: Pa es el rendimiento del cultivo a asociado.

Ma es el rendimiento del cultivo a sin asociar.

Pb es el rendimiento del cultivo b asociado.

Mb es el rendimiento del cultivo b sin asociar.

La evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas (Andow, 1991). Algunos estudios han demostrado que es posible estabilizar las poblaciones de insectos en los agroecosistemas, mediante el diseño de arquitecturas vegetales que mantengan poblaciones de enemigos naturales o que posean efectos disuasivos directos sobre los herbívoros plagas (Altieri, 1992).

Esta diversidad se logra mediante el uso de sistemas de asociaciones, por ejemplo, en las zonas tropicales de América Latina, el 60 % del maíz se cultiva junto con otras especies (Altieri, 1997). Los sistemas de asociaciones de cultivo o policultivos, en diversas variantes han sido una práctica tradicional de los campesinos tanto en Cuba como en diversas regiones del mundo (Huerres y Machado, 1997).

Según Altieri (1997) los agricultores han creado diversas estrategias para combatir con éxito los organismos que causan daño a las plantas. Mezclas de cultivos y combinaciones de variedades protegen contra los catastróficos ataques de plagas y enfermedades.

Para puntualizar los efectos de los policultivos en el manejo de plagas, es importante considerar que según es la comunidad, así serán sus organismos; la mejor manera de combatir una plaga consiste más bien en modificar la comunidad en la que vive que intentar atacarla directamente (Odum, 1987). Ciertas plantas asociadas pueden funcionar como repelentes, antialimentadores, interruptores del crecimiento o agentes alelopáticos. En el caso de patógenos del suelo, algunas combinaciones de plantas y la adición de sustancias orgánicas al suelo pueden acrecentar la fungistasis y antibiosis del suelo (Altieri, 1983). La preservación de la vegetación nativa ayuda, como cortina rompe viento y como hábitat de enemigos naturales de plagas (Maciel, 1991). Una vegetación más abundante y variada crea las condiciones necesarias para promover el aumento de la fauna de enemigos naturales y a la vez, crear fuentes alternativas de alimento (Vega y Muñoz, 1992).

La diversidad de especies vegetales presentes en asociaciones contribuye a establecer una diversidad de insectos, quienes definen una dinámica de autocontrol muy eficiente en algunos casos, entre los insectos plaga y sus enemigos naturales (Urbina, et al., 1996). La mayoría de los enemigos naturales han cambiado o evolucionado en comunidades mucho más diversificadas que las de los sistemas de monocultivo, por lo cual es razonable esperar que cierto tipo de diversificación sea beneficiosa (Stehr, 1990).

Según Altieri (1992), las ventajas que ofrecen los policultivos con respecto a los monocultivos en cuanto a control de plagas se intentan explicar mediante cuatro hipótesis fundamentales: Hipótesis de la resistencia asociacional; Hipótesis de los enemigos naturales; Hipótesis de la concentración de recursos e Hipótesis de la apariencia de las plantas.

También García (1995) da un enfoque sobre las variadas formas de como actúa la diversificación sobre el control de las plagas, planteando los siguientes

mecanismos o factores: Camuflaje; ambiente del cultivo; repelentes químicos; atrayentes químicos; barreras mecánicas; enemigos naturales; microclima; etc.

Se pueden citar ejemplos de cultivos múltiples favorables al control de plagas, como son Maíz-Frijol, Algodón-Quimbombó, Tomate-Col, etc. (Altieri, 1992).

Al mismo tiempo, Arola (1991), señala que el cultivo del tomate respondió favorablemente al asocio con maíz, disminuyendo la incidencia del tizón temprano (**Alternaria solani** Ell & G. Martin) y del tizón tardío (**Phytophthora infestans** Mont y de Bary). Resultados similares encontraron María de los A. Pino, et al. (1994) con esta misma asociación donde el maíz se comportó como una barrera viva contra la mosca blanca (**Bemisia tabaci** Guennadius).

Leyva (1992), en trabajos de rotación de cultivos y dentro de estos, diferentes asociaciones; encontró que la asociación maíz - boniato, disminuye el ataque del tetuán (**Cylas formicarius var. elegantulus** F.), la asociación yuca-melón, reduce la antracnosis (**Collectotrichum spp.**) y el añublo bacteriano de la yuca (**Xanthomonas manihot** Arthaud-Berthet); se plantea además que estas asociaciones reducen la proliferación de malezas debido a la temprana reducción de la entrada de luz al suelo.

Pérez (1996), cita una serie de trabajos donde se pueden encontrar otros ejemplos de asociaciones que regulan brotes de plagas; como son: Maíz-frijol terciopelo, para el nemátodo nodulador (**Meloidogyne spp.**); Yuca-frijol, para la primavera y la centella de la yuca (**Erynnis ello** L.) y (**Lonchaea chalibea** Wied); Col-tagetes, para la mosca blanca (**Bemisia tabaci** Guennadius) y el pulgón de las coles (**Brevicoryne brassicae** L.) y Col-ajonjolí, para controlar las últimas plagas citadas en el cultivo de la col.

Indices ecológicos.

Toda diversidad expresa el rango de posibilidades de construir sistemas de retroalimentación y una mayor diversidad significa cadenas tróficas más largas, más casos de enemigos naturales, simbiosis e interacciones interespecíficas en general (Margaleff, 1974).

Existen tres razones por las cuales los ecologistas están interesados por la diversidad ecológica y su medición, primero porque la diversidad ha sido un tema central en la ecología, a pesar de los cambios y problemas que se presentan en el mundo actual. Segundo, las mediciones de la diversidad son frecuentemente vistas como indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas. Tercero, se presentan frecuentemente debates sobre la medición de la diversidad (Magurran, 1988; González, 1997).

Según Palmer (1994 y 1995) la diversidad de especies esta compuesta por la riqueza de especies y la homogeneidad de sus abundancias. Este mismo autor ha relacionado más de cien hipótesis que se plantean para entender cómo y porqué varía la riqueza de especies en el espacio y en el tiempo, aunque algunas de ellas son semejantes o casi equivalentes.

La diversidad debe ser considerada como un parámetro medible cuyos valores pueden estar explicados por una variedad de teorías. Se ha observado en la literatura que la diversidad revela un rango asombroso de índices, donde cada uno busca caracterizar la diversidad a partir de una muestra o comunidad por un simple número; además, estos presentan confusión, ya que pueden ser conocidos por más de un nombre y sus resultados en varios significados, utilizando diversas bases logarítmicas (Vega, 1998).

Indices de biodiversidad.

Las razones entre el número de especies y los “valores de importancia” de los individuos (número, biomasa, productividad, etc.) se designan como índices de la diversidad de especies (Odum, 1986), González (1997), plantea que los índices ecológicos pueden describir cualquier comunidad sin estar sujeto a la forma de distribución que ella adopte.

Indice de Diversidad de Shannon-Weaver (H').

La media propuesta por Shannon-Weaver (1949) para medir la entropía de sistemas discretos, es empleada como medida de diversidad y se conoce como índice de Shannon-Weaver (H'). Mulhauser (1991), considera que el índice es relativamente insensible al efecto de cambio en el número de especies, por lo que recomienda una interpretación cuidadosa; resaltando que este es aplicable a inventarios de cualquier tipo de comunidad, mientras que Elque y Fabiano (1991) opinan que el índice parece ser un buen indicador del ecosistema y las variaciones registradas para un lugar en dos tiempos diferentes y pueden dar una idea con valores comparables de los cambios ocurridos. La fórmula empleada es:

$$H' = -\sum_{j=1}^s \frac{n_j}{N} \log \frac{n_j}{N}$$

donde n_j es el número de individuos de la especie 1, 2, 3.....j, N es el número total de individuos de todas las especies y s el número de especies.

Taylor (1978) citado por Magurran (1989) señala que si el índice de Shannon se calcula por un cierto número de muestras, los índices por sí solos se distribuyen normalmente. Pérez (1998) plantea que esta propiedad hace posible el uso de la estadística paramétrica, incluyendo los poderosos métodos de análisis de varianza, para comparar series de muestras en las cuales se ha calculado la diversidad. Este es un método muy útil para comparar la diversidad entre diferentes hábitats, especialmente cuando se ha tomado un cierto número de réplicas.

Por otra parte, Quinghong (1995), refiere que el índice de Shannon refleja la riqueza de especies y su homogeneidad, pero le da más peso a la primera. Este autor también menciona algunas razones positivas para el uso del índice como medida de diversidad, estas son: que tiene amplia aplicación en la cuantificación de la diversidad a diferentes niveles del ecosistema y varios objetos, tiene ciertas

propiedades estadísticas que pueden ser probadas, involucra al número de especies y sus abundancias relativas y esta acotado y sensitivo al cambio.

Indice de equitatividad o uniformidad de Pielou (J').

La relación entre el número de especies esperado y el número de especies recolectadas se usa como un índice de uniformidad, denominado J'. La relación entre diversidad observada y diversidad máxima puede, por consiguiente, ser tomada como una medida de uniformidad; donde los valores pueden tener rangos entre 0 y 1. Cuando J' es igual a 1, existe una situación en la cual todas las

$$J' = \frac{H'}{H'_{\text{máx}}}$$

especies son de igual abundancia (Qinghong, 1995, Pérez, 1998). Para el calculo de J' se utiliza la expresión:

Mulgica y Acosta (1989), lo emplean como índice de uniformidad o equitatividad junto a H' y lo han usado para evaluar el comportamiento de poblaciones de aves en ecosistemas naturales.

Indice de Riqueza de Margaleff (Rm).

Margaleff (1974), define el índice que toma su nombre como la razón entre el número de especies menos la unidad y el logaritmo del número total de individuos. Esto es:

$$R_m = \frac{(s-1)}{\log N}$$

Donde s es el número total de especies y N el número total de individuos de todas las especies.

Mulhauser (1991), le señala algunas desventajas, por ser muy sensible al cambio en el número de especies y mostrar amplios rangos de variación. Calvo et al. (1994), agregan que no considera la componente de equidad de la diversidad; sin embargo, Palmer (1995) plantea que la riqueza de especies parece un valor intuitivo de la diversidad, proporcionando una visión comprensible e instantánea de ella.

Índice de dominancia de Simpson (D_s).

Kucera (1976) y Bonet (1997), plantean que la dominancia es inversa a la diversidad ya que esta última implica una composición heterogénea y una pérdida de la similitud. Así, la diversidad es máxima cuando cada individuo de la comunidad pertenece a una especie diferente, lo cual supone por lo tanto una falta de dominancia.

El término dominancia se utiliza para expresar la importancia relativa de las especies en una comunidad. Nos indica hasta que punto algunas especies o grupos de especies contribuyen o influyen en algunos aspectos de la comunidad, como son el número de individuos, la cantidad de reservas o la producción de energía (Kucera, 1976).

La media de dominancia define la composición comunitaria. Mulhauser (1991), establece dos posibilidades para su definición: una especie es dominante si está presente en la mayor abundancia, la que posee mayores tallas, la que cubre más espacio; o la que tiene mayor impacto en la dinámica de la comunidad.

El índice de dominancia de Simpson, alude a la primera de las posibilidades y se construye como la ponderación de la abundancia de las especies que son más comunes (Calvo et al., 1994). Deborah Neher et al. (1994), aseguran que este índice le da más peso a los taxos más abundantes. La fórmula para calcularlo es

$$D_s = \sum_{j=1}^s \left(\frac{n_j}{N} \right)^2$$

la siguiente:

Donde n_i es el número de individuos de la especie 1, 2, 3,s y N el número de individuos de todas las especies.

El cultivo del maíz. Importancia.

El maíz (***Zea mays*** L.) es uno de los cereales de importancia mundial y ocupa el tercer lugar en consumo después del arroz y el trigo como cultivo alimenticio. En América Central constituye una de las fuentes principales de nutrición para la población del área. Es cultivado en su mayor parte como monocultivo, sin embargo en algunas zonas de los países de la región, caracterizados por poseer tierras marginales y manejadas por agricultores de escasos recursos, los sistemas de siembra más frecuentes son los policultivos (CATIE, 1990a).

Las asociaciones de maíz-frijol son sistemas diversificados que se utilizan por la mayoría de los campesinos de Latinoamérica y una de las razones de su importancia, es que la incidencia de los fitófagos disminuye (Van Huis, 1981), citado por Pérez (1998). Este último autor hace una relación de más de diez trabajos donde se estudia la asociación de maíz con varios cultivos como son la asociaciones de maíz-haba-zapallo, maíz-calabaza, maíz-frijol-calabaza, que reportan una disminución notable en la incidencia de fitófagos.

El cultivo del tomate. Importancia.

El tomate (***Lycopersicon esculentum*** L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en el mundo, con un volumen de producción anual que supera los 70 millones de toneladas (Nuez, 1995). En Cuba constituye la hortaliza de mayor importancia, teniendo en cuenta el hábito de consumo tanto de forma fresca como en conservas (González, María C., 1997). En nuestro país se siembran más de 20

mil hectáreas (Cuba. MINAGRI, 1996). La producción de tan preciada hortaliza no es capaz de abastecer la alta demanda (González, María C., 1997).

Algunas de las plagas más importantes que inciden en el cultivo del tomate.

Moscas blancas (*Bemisia spp.*).

El tomate es un cultivo altamente susceptible al ataque de plagas. Una de las que más daño le causa es la mosca blanca (***Bemisia spp.***) (Sabillón, 1995).

Los nombres con los que más se conoce a este insecto son: mosca blanca del tabaco, mosca blanca del algodón, mosca blanca del boniato y más recientemente como mosca blanca de la hoja plateada (Bellows y Perring, 1993; González et al., 1993; Gruenhagen et al., 1993; Traboulsi et al., 1994; Castiñeiras, 1995; Cabello et al., 1996; Vázquez et al., 1996b; Sánchez, Adriana, 1997).

Estos insectos pertenecen al orden Homoptera, familia Aleyrodidae (Murguido et al., 1996; Salguero, 1992; Anderson, Pamela, 1993; Morales, 1993; Vázquez et al., 1996b; MAG – GTZ, 1997). A su vez, Caballero (1996) las ubica en la subfamilia Aleyrodinae. Este último autor expone que en el mundo existen alrededor de 1200 especies.

De las especies clasificadas sólo 3 son reconocidas como vectores de virosis; de ellas ***Bemisia tabaci*** es considerada como el vector más importante y común en todo el mundo (Brown, 1994; Vázquez et al., 1996b) y más recientemente el descubrimiento de los biotipos de ésta devino en la definición del biotipo “B” como la nueva especie ***Bemisia argentifolii*** (Bellows y Perring, 1993) (Guirao, 1996; Vázquez et al., 1996a). Esta se caracteriza por exhibir una mayor fecundidad, eficiencia en la transmisión de virus, mayores daños, resistencia a insecticidas, niveles poblacionales, plantas hospedantes y plasticidad ecológica (Hilje, 1995; Murguido et al., 1996; Vázquez et al., 1996a; Mendoza, 1997; Sánchez, Adriana, 1997).

En Cuba se han detectado un total de 8 especies de moscas blancas en los cultivos agrícolas, predominando ***Bemisia tabaci*** y ***Bemisia argentifolii*** (Vázquez

et al., 1996b). Murguido et al. (1997) reportan que las dos especies citadas se encuentran mezcladas en los cultivos y la vegetación silvestre.

Importancia: las moscas blancas son insectos chupadores que producen daños de 3 tipos, esto es: directos, indirectos y la transmisión de virus. Los daños directos los causan las larvas y adultos durante la alimentación entre los que se pueden citar: marchitamiento, crecimiento débil, enanismo, maduración irregular de los frutos del tomate, etc. (todos ellos de carácter fisiológico) (Salguero, 1992; Gruenhagen, 1993; Hilje, 1995; Cabello et al., 1996; Murguido et al., 1996; Vázquez et al., 1996b).

Los daños indirectos son producidos por la secreción de mielecilla por los estadios larvales, lo cual provoca el desarrollo de fumagina en las hojas, flores y frutos, que dificulta los procesos respiratorios, de fotosíntesis y disminuye la calidad de la cosecha (González et al., 1993b; Traboulsi, 1994; Cabello et al., 1996; Hilje, 1996; Murguido et al., 1996).

Las enfermedades virales atacan varios cultivos con consecuencias graves para la economía y su manejo provoca problemas en el ambiente (Ramírez, Pilar, 1997). En Cuba la mayor significación de este insecto desde el punto de vista económico se atribuye a su alta eficiencia como transmisor de geminivirus en tomate y en frijol, que afectó en los años 1990 – 1993 de un 27 – 41,6% del área de tomate cultivada (Murguido et al., 1997).

Esta problemática constituye un patosistema complejo, debido a que la interacción mosca blanca – geminivirus – plantas hospedantes se manifiesta en una alta diversidad de plantas en los agroecosistemas donde se cultivan regularmente hortalizas, granos y viandas (Murguido et al., 1997).

Los adultos de este insecto son vectores muy eficientes de geminivirus, pues pueden adquirirlo de una planta enferma al alimentarse por apenas 4 horas; después de un período de latencia de 4 – 20 horas el insecto está en capacidad de transmitir los geminivirus de forma intermitente por un período de 10 hasta 20 días en casos excepcionales (Anderson, Pamela, 1993; Morales, 1993; Vázquez et al., 1996b).

Los primeros síntomas en las plantas de tomate se presentan aproximadamente quince días después de infestadas por “moscas virulíferas” (Lacasa et al., 1998; Murguido et al., 1996). Los síntomas de la enfermedad consisten en mosaico clorótico, reducción de las hojas apicales, entrenudos cortos, encrespamiento y hasta muerte de las plantas (Murguido et al., 1996).

Cuando los virus infectan tempranamente el cultivo se reduce la producción drásticamente (Salguero, 1992). La enfermedad viral tiene un período crítico de hasta 50 días después del transplante, ya que afecta significativamente los rendimientos en este período (Vázquez et al., 1996b). Este autor citando a Green y Kwilov (1994) plantea que el TYLCV no se trasmite por semilla de tomate. Estos geminivirus son del tipo “persistente circulativo”, sólo se logra transmitir durante un tiempo determinado, no existiendo la transmisión transovárica (Traboulsi, 1994; Vázquez et al., 1996b).

Morfología y biología: la mosca blanca es un insecto pequeño (1mm) de color blanco parecido a una mosquita (Caballero, 1996; Murguido et al., 1996). Según Salguero (1992) esta presenta una metamorfosis incompleta, pasando por las etapas de huevo, ninfa y adulto. El último estadio ninfal se convierte en una pseudopupa. Sponagel (1994) divide estas etapas en 6 estadios: huevo, gateador (1^{er}. Instar), dos estadios ninfales sésiles (2^{do}. y 3^{er}. Instar), pupa (4^{to}. Instar) y el adulto o imago. Según Cabello et al. (1996) la metamorfosis es intermedia entre la heterometábola y la holometábola.

El ciclo biológico de la mosca blanca en el tomate tiene una duración media de 18,5 días siendo para el huevo 5 días y de 5; 3; 2.5 y 5 para el primero, segundo, tercero y cuarto instar respectivamente (Vázquez, 1995). La longevidad de los adultos es de 15,4 días a 28°C y de 30,1 días a 16°C (Cabello et al., 1996).

La reproducción se efectúa por partenogénesis arrenotóquica y por apareamiento (Salguero, 1992; Cabello et al., 1996). Cada hembra puede ovipositar entre 100 y 200 huevos (Vázquez, 1995).

Plantas hospedantes: se conocen hasta ahora 119 especies de plantas pertenecientes a 52 familias (Murguido et al., 1996). Los cultivos más atacados en nuestro país son tomate, frijol, pepino, calabaza, col, ají, etc. (Vázquez, 1995).

En una publicación más reciente Murguido et al. (1997) la reportan prácticamente en todos los cultivos de hortalizas, viandas y granos, siendo más frecuente en tomate, frijol, calabaza, pepino, melón, col y berenjena.

Enemigos naturales: Cabello et al. (1996) reporta más de 34 especies de depredadores dentro de los órdenes Coleoptera, Heteroptera, Diptera, Neuroptera y Acarina. El espectro de parasitoides es mayor, correspondiendo todos al orden Hymenoptera en las familias Platygyasteridae, Aphelinidae y Eulophidae. Según Vázquez et al. (1996a) existen 12 biorreguladores de las poblaciones de **Bemisia spp.** Castiñeiras (1995) realizó un inventario de los enemigos naturales de este insecto en Cuba y determinó la existencia de 4 parasitoides, (**Encarsia luteola** Howard, **E. nigricephala** Dozier, **E. quaintancei** Howard y **Eretmocerus sp.**), cinco depredadores, (**Theridula gonygaster** Simon y **Theridula sp.**, **Delphalstus pallidus** Lec., **Chrysopa exterior** Navas y **Cyrtopeltis varians** Dist.) y un hongo entomopatógeno, (**Paecilomyces fumosoroseus** Wise). Vázquez et al. (1996a) reporta este hongo y además a **Verticillium lecanii** (Zimm)., con una efectividad de 90 y 84% respectivamente.

Minador de la hoja del tomate (*Liriomyza* spp.).

Este insecto se conoce comúnmente como minador de las hojas del tomate (Mendoza et al., 1983; CATIE, 1990b; Serra 1995). Pertenece al orden Diptera, familia Agromyzidae (Mendoza et al., 1983; Cabello et al., 1994; Serra, 1995).

Importancia: sus larvas minúsculas (menos de 2 mm) ocasionan minas en serpentina, alimentándose del mesófilo de las hojas. El daño ocasionado reduce la capacidad fotosintética de las hojas y en caso de ataques fuertes, provoca una pérdida sustancial de las hojas, lo que da por resultado que los frutos sean pequeños y de baja calidad (Johnson, 1983; Mendoza et al., 1983; Serra, 1995). Además las hembras perforan el haz de la hoja y se alimentan de los contenidos celulares exudados (Schuster, 1983).

Este espécimen es conocido como plaga secundaria y se ha demostrado que se puede producir un brote de la misma a través del uso indiscriminado de plaguicidas (CATIE, 1990b).

En la actualidad se conocen 23 especies de *Liriomyza* de importancia económica en cultivos agrícolas y ornamentales (Cabello et al., 1992).

Morfología y biología: la “mosca minadora” consta de 4 estados: huevo (depositado en el parénquima en empalizada de la hoja) de minúsculo tamaño; larva (con tres instares), pupa y adulto (Serra, 1995). Los huevos tienen un período de incubación de 2 – 4 días. Las larvas alcanzan unos 2mm de largo y son de color amarillo, este estado dura entre 7 y 10 días hasta que madura y cae al suelo donde empupa. La pupa es de color marrón claro y a menudo puede formarse sobre la hoja, este estado dura aproximadamente 10 días. El adulto vive 8 días, es una pequeña mosca de 2mm de color negro con tonos amarillos (CATIE, 1990b). Según Carballo (1990) el ciclo de vida de este insecto es de $20,6 \pm 8,4$ días a una temperatura de 22 – 25°C.

Plantas hospedantes: según SENASA (1997) estas moscas atacan los cultivos de la papa, el melón, frijol y tomate, entre otros. Se ha observado también en malezas como **Amaranthus spp.** y **Bidens pilosa** (L.).

Enemigos naturales: (Serra, 1995) reporta cuatro parasitoides de esta plaga, ellos son: **Neochrysocharis sp.** (Hymenoptera:Eulophidae), **Opius forticornis** (Hymenoptera: Braconidae), **Gonaspidium utilis** (Beardsley) (Hymenoptera:Eucoilidae), **Disorygna pacifica** (Yoshimoto) (Hymenoptera:Eucoilidae), todos endoparasitoides y los tres últimos larval-pupales. Carballo et al. (1990) a su vez reportaron 4 especies de parasitoides: **Diglyphus sp.** y **Chrysocharis sp.** (Hymenoptera:Eulophidae), **Opius sp.** y **Oenogastra sp.** (Hymenoptera: Braconidae). **Diglyphus sp.** es un exoparasitoide larval de muchas especies minadoras del orden Diptera (Baraja, 1996; Uschekov, 1996).

Se ha observado además a las larvas de **Chrysopa sp.** depredando pupas de este insecto (Johnson, 1988).

Crisomélido común (*Diabrotica balteata* Le Conte).

Se conoce vulgarmente como Diabrotica o Crisomélido común. Pertenece al orden Coleoptera, familia Chrysomelidae (Mendoza et al., 1983; Suárez et al., 1989).

Importancia: las larvas comen las raíces y pueden promover las pudriciones y pérdidas de plantas. Los adultos comen el follaje, yemas y flores, haciendo agujeros irregulares (CATIE, 1990b; Mendoza et al., 1983).

Tanto Suárez (1989) como el CATIE (1990b) plantean que algunos autores suponen que al producir sus lesiones, este crisomélido transmite enfermedades virales. Por las lesiones al follaje también penetran bacterias y hongos.

Morfología y biología: realiza metamorfosis completa y tanto la larva como el adulto tienen aparato bucal masticador y son los dos estados dañinos (Suárez et al., 1989). Los huevos son colocados cerca de las raíces, los cuales eclosionan a los 5 ó 6 días (Mendoza et al., 1983). Estos son alargados y blanco amarillentos (Suárez et al., 1989).

Las larvas tienen forma alargada y adelgazada, con tres pares de patas casi invisibles, son de color pardusco (Mendoza et al., 1983; Suárez et al., 1989).

La pupa es blanca o ligeramente amarilla clara del tipo libera y permanece bajo tierra por varios días (Suárez et al., 1989).

El adulto mide aproximadamente 5mm, es de color amarillo con tres rayas verdes de color brillante desde el centro de cada élitro hasta el borde (CATIE, 1990b; Mendoza et al., 1983; Suárez et al., 1989).

Plantas hospedantes: es un insecto altamente polífago, que prácticamente ataca todos los cultivos de viandas y vegetales y se encuentra en un incontable número de vegetación silvestre (Suárez et al., 1989).

Enemigos naturales: según Suárez et al. (1989), las larvas son depredadas por **Pyrophorus havaniensis** (Cherr) y **Pyrophorus noctilicus** (Cherr) (ambos del orden Coleoptera familia Elateridae). Los huevos son parasitados por cálcidos.

Chinche verde hedionda (*Nezara viridula* L.)

Este insecto pertenece al orden Hemíptera familia Pentatomidae, género **Nezara** especie **viridula**. Se le conoce comúnmente como chinche verde hedionda (Mendoza et al., 1983; Suárez et al., 1989).

Importancia: cuando esta chinche se alimenta de las hojas, los ápices de estas se marchitan, pero cuando se alimenta del fruto puede ocasionar su caída si este es pequeño; cuando el fruto es grande, al secarse la parte atacada, se detiene su crecimiento, se agrieta y deforma, lo cual favorece la entrada de microorganismos patógenos (Mendoza et al., 1983).

Morfología y biología: los huevos son depositados en grupos en el envés de las hojas; son de forma cilíndrica, rojizos, con un opérculo en la parte superior. Las ninfas surgen al cabo de 6 días aproximadamente, al principio son amarillas con pintas negras que oscurecen después de la primera muda y toman color verde según avanza su desarrollo, alcanzan el estado de adulto después de cinco mudas (Mendoza et al., 1983; Suárez et al., 1989).

Plantas hospedantes: ha sido reportada esta especie sobre tabaco, habas de lima, frijol, guisante, papa, cítricos, algodón, soja, ajonjolí y tomate (Mendoza et al., 1983).

Enemigos naturales: en Cuba se señala **Telenomus podisi** Asjm (Scelionidae) como parásito de los huevecillos de esta chinche (Mendoza et al., 1983).

2.6.6. Asociaciones de tomate y maíz en el mundo

Específicamente el asociar tomate y maíz no ha sido objeto de muchos estudios a nivel del mundo, la mayoría de los trabajos se concentran en zonas tropicales, aunque sí se han abordado diferentes objetivos.

En Africa, Kalboane (1985) realizó una asociación tomate-maíz, utilizando al maíz como tutor del tomate indeterminado y además probando la mejor orientación de los surcos N-S y E-O para el manejo de plagas y protección del viento, los resultados mostraron que se obtuvo altos rendimientos de tomate y maíz en los surcos orientados N-S; así como mejores resultados económicos con la utilización del maíz como tutor al ser comparado con el método tradicional de estaquillado.

También en África (Adelana, 1984) reportó que fueron sembrados ambos cultivos en forma mixta, demostrándose a través de los ingresos y el IET. que es preferible sembrarlos juntos que en monocultivo en condiciones de verano, resultados similares reportaron Gautam y Nixaula (1990) trabajando en las mismas condiciones y con el mismo objetivo.

Nordlund, Chaefant y Lewis (1984) en Estados Unidos, desarrollaron un manejo integrado de plagas en una asociación maíz-tomate, encontrando disminución en las poblaciones de insectos en ambos cultivos.

En América Central, Arola, Godinez y Doñan (1991), señalaron que el cultivo del tomate respondió favorablemente al ser asociado con maíz, disminuyendo la incidencia del tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Resultados similares encontraron Plana et al. (1993), Rodríguez et al. (1998) y León (1999) con esta misma asociación donde el maíz se comportó como una barrera viva contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Guennadeus), en Cuba.

Eolia Treto et al. (1997) señalaron como uno de los policultivos más eficientes en el uso de la tierra al yuca-tomate-maíz con un IET de 2.17 en las condiciones de Cuba.

2.7. Consideraciones generales

Como se pudo apreciar el potencial de los cultivos asociados ha sido objeto de numerosos estudios, ya que para poder obtener rendimientos crecientes y alcanzar máxima rentabilidad de la actividad agrícola es necesario controlar diferentes factores como suelo, clima, plagas, así como tener en cuenta los económicos y sociales que también influyen en la configuración de los diferentes sistemas agrícolas que se desarrollan en la agricultura.

También pudo observarse que los factores climáticos (agua, luz, temperatura) actúan sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta a nivel celular; éstos, a su vez, afectan el funcionamiento de aquellos órganos que modifican las respuestas de las plantas al medio ambiente y, por ende, su comportamiento.

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo en el mundo con volúmenes de producción anual que superan los 70 millones de toneladas (Nuez, 1995). En Cuba, constituye la hortaliza de mayor importancia, sembrándose superficies de más de 20 mil hectáreas (Cuba. MINAGRI, 1996); no obstante, la producción obtenida no es capaz de abastecer la alta demanda de este cultivo y se están realizando esfuerzos por parte del estado para incrementar las producciones con la instalación de casas de cultivo protegido, las cuales requieren de una alta inversión.

El cultivo asociado, como se ha podido apreciar, constituye una alternativa ecológica y sostenible de cultivo protegido al permitir atenuar las condiciones adversas del clima que tan perjudiciales resultan para algunos cultivos dentro de ellos el tomate en determinados períodos del año. Es por ello posible, dentro de la agricultura, contar con una alternativa que de esta forma pueda contribuir al mejoramiento de las necesidades alimenticias, con un mejor aprovechamiento de la superficie cultivable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Condiciones experimentales

Para alcanzar los objetivos propuestos se llevaron a cabo seis experimentos de campo en áreas de la Estación Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) a 138 m sobre el nivel del mar, en San José de las Lajas, provincia La Habana, Cuba.

El suelo utilizado para el desarrollo de los experimentos se clasifica como Ferralítico Rojo compactado, según Hernández *et al.* (1995), sobre caliza profundo, con una fertilidad de media a alta, mostrándose algunas de sus características químicas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del suelo

Profundidad (cm)	PH	M.O.	P ₂ O ₅	Meq/100gdesuelo		
	(H ₂ O)	(%)	(ppm)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0-20	6.4	2.11	234	0.52	9.93	1.80

Las características climáticas del agroecosistema donde se desarrollaron los experimentos, según Lecha, Paz y Lapaniel (1994), es que pertenece a la clima-región Habana, la cual se extiende al norte de la provincia La Habana y se caracteriza por presentar un período poco lluvioso de corta duración, entre noviembre y marzo, sin llegar a producir una típica sequía ecológica. En esta, las precipitaciones ascienden a 62 mm como promedio mensual con un mínimo de 48 mm en el mes de febrero. El período lluvioso se extiende de marzo a octubre con 1050 mm de precipitación como promedio. En toda la región las precipitaciones anuales sobrepasan los 1250 mm (de 1272 hasta 1615 mm), lo cual señala a esta región, como la más húmeda de las llanuras de Cuba.

El promedio anual de la temperatura es de 23.6gC. Los meses más calurosos son los de julio y agosto con 27.4gC y 27.6gC respectivamente, los meses más fríos son enero y febrero con promedios mensuales de 21.3gC a 21.4gC. La radiación global media anual es de 15.6 a 16.0 MJ/m² y la humedad relativa de 80 a 89 %. Algunas de las características climáticas imperantes durante el desarrollo de la fase experimental se observan en la Figura 1.

Determinación de los arreglos espaciales en la asociación tomate-maíz (experimentos 1-3).

En los meses de agosto-septiembre de 1991, 1992 y 1993 (período temprano) y enero-febrero de 1992, 1993 y 1994 (período tardío) se desarrollaron tres experimentos, con el objetivo de determinar los arreglos espaciales óptimos en la asociación tomate-maíz que permitieran aumentar el rendimiento y sus componentes en el tomate asociado en relación con los monocultivos.

Los tratamientos aparecen reflejados en la Figura 2 distribuyéndose de la forma siguiente por experimentos:

Experimento 1:

Policultivos de dos hileras de maíz por ambos lados de 1, 2 y 3 hileras de tomate .

Monocultivos de tomate 0.90 x 0.30m y 1.40 x 0.30 m.

Monocultivo de maíz.

Experimento 2:

Policultivos de dos hileras de maíz por ambos lados de 3, 5 y 7 hileras de tomate.

Monocultivos de tomate 0.90 x 0.30 m y 1.40 x 0.30 m.

Monocultivo de maíz.

Experimento 3:

Policultivos de dos hileras de maíz por ambos lados de 3, 5 y 7 hileras de tomate.

Monocultivo de tomate 0.90 x 0.30 m.

Monocultivo de maíz.

La variedad de tomate empleada fue la INCA-17 trasplantada a los 30 días de sembrada la variedad de maíz Francisco mejorada, caracterizada por ser una

variedad de porte alto llegando a alcanzar una altura en frío de 2.65 m y en primavera de 2.8 m con un ciclo de 120 días.

Las parcelas tuvieron 25 m de largo y el ancho estuvo en dependencia del tipo de arreglo espacial en un rango entre 247.5m² y 652.5m² para los policultivos en los monocultivos la distancia de plantación de 0.90 x 0.30 m 5.4 m de ancho (135 m²) y 1.40 x 0.30 m, siendo la superficie de la parcela de 210 m².

3.3. Evaluación del tiempo relativo de siembra del maíz con respecto al trasplante del tomate (Experimento 4).

En los meses de agosto-septiembre de 1996 (período temprano) y enero-febrero de 1997 (período tardío) se llevó a cabo un experimento con el objetivo de determinar con qué tiempo de antelación debe ser sembrado el maíz, en relación con el trasplante del tomate para que el mismo provoque un nivel de sombreado que resulte beneficioso para la fase de floración-fructificación, y que redundará en un aumento del rendimiento y sus componentes .

Los tratamientos consistieron en la siembra del maíz simultáneo al trasplante; 15 días antes del trasplante y 30 días antes del trasplante, con un mismo arreglo espacial 2:3:2 y los respectivos monocultivos de tomate y maíz.

Solamente se consideraron estos tratamientos teniendo en cuenta la altura que alcanza el maíz en los diferentes momentos de siembra y el objetivo de ser utilizado como cobertura para el cultivo del tomate .

Días de sembrado	Período Temprano	Período Tardío
15	15-20 cm	12-14 cm
30	50 cm	40 cm
60-70	2.5-2.6 m	2.4 m
75(florece)	2.8 m	2.65 m

Las variedades de tomate y maíz fueron las mismas de los experimentos anteriores.

La distancia de plantación empleada para ambos cultivos fue de 0.90 x 0.30 m. Las parcelas tuvieron 25 m de largo por 15.3 m de ancho (382.5m²) para todos los tratamientos de policultivo y los monocultivos 25 m de largo y 5.4 m de ancho (135 m²).

3.4. Comportamiento de diferentes genotipos de tomate en policultivo y monocultivo con las hileras orientadas N-S y E-O (experimentos 5-6).

Durante los meses de agosto-septiembre de 1997(período temprano) y enero-febrero de 1998 (período tardío) se condujeron dos experimentos con el objetivo de comparar tres genotipos de tomate de hábito de crecimiento determinado en dos sistemas de cultivo con la orientación de las hileras N-S y E-O.

Para ello fueron empleados los siguientes genotipos de los cuales se presentan algunas de sus características fundamentales:

	LIGNON	INCA-17	INCA 9-1
Origen	Cuba	Cuba	Cuba
Adaptación	H. Caliente	H. Caliente	H. Caliente
Hábito de crecimiento	Compacto	Intermedio	Abierto
Forma del fruto	Redondo aplastado	Redondo achatado	Redondo
Tamaño del fruto	Mediano	Mediano	Pequeño
Cobertura	Buena	Buena	Buena
Fuente:	Alvarez (1996),	Morales (1997)	Gómez (2000).

Se utilizó el arreglo espacial 2:3:2 con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante, los tratamientos aparecen a continuación por experimentos:

Experimento 5.

Policultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1.

Monocultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1.

Monocultivo de Maíz.

Todos con orientación de las hileras N-S.

Experimento 6.

Policultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1.

Monocultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1.

Monocultivo de Maíz.

Todos con orientación de las hileras E-O.

La distancia de plantación empleada fue de 0.90 por 0.30 m. Las parcelas tuvieron una superficie de 382.5 m² con un largo de 25 m y un ancho de 15.3 m en los tratamientos de policultivos y en los de monocultivos 135 m² con 25 m de largo y 5.4 m de ancho.

3.5. Aspectos generales

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a las unidades experimentales en franjas en las que se seleccionaron puntos que obedecían a muestreos estratificados, según Steel y Torrie (1988).

En todos los experimentos para el cultivo del tomate se utilizó el método de trasplante con plantas producidas en semilleros tradicionales a raíz desnuda (Cuba-MINAGRI, 1984). Las atenciones culturales, en cuanto a fertilización se realizaron con adecuaciones a los diferentes sistemas de cultivo evaluados a partir de los Instructivos Técnicos de los cultivos de tomate y maíz (CUBA-MINAGRI, 1984, 1992), empleándose N-100Kg, P₂O₅-50 Kg y K₂O-75Kg. La primera aplicación consistió en 1/3 de N con todo el fósforo y todo el potasio al momento

del trasplante y el resto del N fue aplicado 30 días después del trasplante. En el maíz se aplicó 120 Kg de N, 60 Kg de P₂O₅ y 100 Kg de K₂O con aplicación en igual manera que en el tomate. El riego empleado fue el determinado por Dell'Amico (1991 y 1995 a y b), para la producción de tomate fuera del período óptimo. Se aplicó el manejo integrado de plagas con la aplicación *Verticillium lecanii* hasta la sexta semana después del trasplante. En el caso de las plantas enfermas de geminivirus fueron raleadas del campo. En el caso de la contra spodóptera se aplicó Carbaril y *Bacillus thuringiensis*.

3.6. Evaluaciones realizadas

En la superficie de cálculo de cada arreglo espacial se le evaluaron a 40 plantas al azar del cultivo del tomate:

Número de racimos por planta (No. R/pta.)

Número de flores por planta (No. Fl/pta)

Número de flores por racimo (No. Fl/r)

Número de frutos por racimo (No. Fr/r)

Número de frutos por planta (No. Fr/pta)

Masa promedio de los frutos (g) (m.pro.fr)

Rendimiento (t.ha⁻¹) (rto)

En el monocultivo se evaluó la duración del ciclo biológico y fases del cultivo. La duración del ciclo biológico fue evaluada desde la siembra hasta la senescencia y las fases fueron divididas en cuatro: Fase de siembra a Fase de trasplante (FS-FT), Fase de trasplante a Fase del 50 % de la floración (FT-F 50 % Floración), Fase del 50 % de la floración a Fase de Maduración Masiva (F 50 % Floración-MM) y Fase de Maduración Masiva a Fase de Senescencia (FMM-FS), según FAO (1996).

Y al maíz

Rendimiento (t.ha⁻¹)

Fitoclima: Fueron medidas, la radiación incidente (kw/m^2), la temperatura del aire (gC) y la humedad relativa (%), dentro del sistema por debajo del follaje del maíz y por encima de las plantas de tomate en tres puntos aleatorios en cada franja en la fase de floración-fructificación del mismo en tres momentos del día (9:00 a.m., 12:00 m y 3:00 p.m. de acuerdo con el meridiano de Greenwich) en la orientación N-S y E-O, así como en el monocultivo para lo cual se utilizaron el piranómetro y el sicrómetro de aspiración.

Para el análisis de la influencia de los factores del clima sobre la duración del ciclo biológico del cultivo del tomate se creó una base de datos meteorológicos diarios desde agosto 1991 a mayo 1998, período que comprendía la fase experimental, con la información de la Estación Meteorológica de Tapaste.

Se determinó el acumulado de unidades de calor efectivo de las diferentes fases y el ciclo biológico, aplicando la fórmula:

$\Sigma T_{\text{efectivas}} = n (t - 10\text{gC})$ donde:

n – número de días de duración de las fases o el ciclo

t - temperatura media diaria .

10gC – temperatura mínima biológica para el cultivo del tomate.(Kulicov y Rudnev,1980).

Se evaluó la calidad interna de los frutos de las 40 plantas evaluadas determinándose los porcentajes de Brix; Acidez y Materia Seca; así como la relación Brix/Acidez.

3.7. Procesamiento estadístico

Se aplicó la prueba de “t” para comparar las medias poblacionales de los tratamientos entre sí en los seis experimentos realizados (Steell y Torrie, 1988).

Se realizó Análisis de Componentes Principales en todos los experimentos, utilizando como variables el rendimiento y sus componentes y como individuos los arreglos espaciales; tiempo relativo de siembra, relación entre el tiempo relativo de

siembra y los arreglos espaciales y los diferentes genotipos de tomate en policultivo y monocultivo con las orientaciones de las hileras N-S y E-O. Para corroborarse si el agrupamiento formado era o no efectivo, se realizaron Análisis Discriminantes según Varela (1998).

Los índices de calidad fueron procesados por Análisis Factorial de dos factores en diseño Completamente Aleatorizado donde el factor A eran las períodos de siembra temprano y tardío y el B los sistemas policultivo y monocultivo al existir significación estadística se aplicó el test de Rangos Múltiples de Duncan para comparar las medias de sus factores y sus combinaciones.

Se estimó la ecuación de regresión entre el rendimiento del tomate y las temperaturas medias del aire ocurridas durante la fase de la siembra al 50 % de la floración.

Los cálculos de las temperaturas máxima, media y mínima (gC) y las precipitaciones (mm) y la humedad relativa (%) fueron realizados mediante el Sistema para el Manejo y Recuperación de la Información Meteorológica (SIMRIM) según Pérez, Florido y Caballero (1998).

Se calculó el Índice Equivalente de Area x Tiempo (IEAT) según Hiebsch, H. and Mc Collum (1995) y el Índice Equivalente de la Tierra (IET) de acuerdo con Vandermeer (1995).

$$IEAT = \sum_{i=1}^n (t_i^m / t_i^l) \times (y_i^l / y_i^m)$$

Donde:

t_i^m = duración del cultivo i en monocultivo

t_i^l = duración total del sistema de intercalamiento

y_i^l = rendimiento del cultivo i en intercalamiento

y_i^m = rendimiento del cultivo i en monocultivo

$$IET = (Ax / Mx) + (Ay / My)$$

Donde:

Ax= rendimiento del cultivo en asociación

M_x =rendimiento del monocultivo

A_y = rendimiento del cultivo en asociación

M_y = rendimiento del monocultivo

3.8. Evaluación económica

Las valoraciones económicas se hicieron sobre la base de las producciones promedio obtenidas en la alternativa propuesta de policultivo 2:3:2 con siembra del maíz 30 días antes del trasplante y las hileras orientadas N-S comparada con el monocultivo de tomate tanto en período temprano como tardío.

Para ello se tomaron como datos primarios, el precio de la tonelada de tomate (\$ 286.00) y de la tonelada de maíz (\$ 345) del listado de precios estatales de ACOPIO (1995) vigente en la actualidad; así como el costo de una hectárea de tomate (\$ 2500.00), y de una hectárea de maíz (\$ 960.0), tomado de las Cartas Tecnológicas confeccionadas por Cuba, MINAGRI en 1990 y 1992 respectivamente.

A partir de estas informaciones se empleó la metodología propuesta por FAO (1980) y se calcularon los siguientes indicadores:

Costo de producción.

Valor de la producción. Resultado del rendimiento por el precio de una tonelada de fruto.

Ganancia. Resultado de la diferencia entre el valor de la producción y el costo.

Relación Beneficio/Costo. Resultado de la ganancia entre el costo de producción.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Evaluación de los arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra en la asociación tomate-maíz

4.1.1. Arreglos espaciales

En el manejo de policultivos se requiere del diseño de combinaciones espaciales y temporales de los cultivos, por lo cual existen múltiples arreglos en superficie y cada uno genera diferentes efectos sobre las poblaciones vegetales y animales presentes en el área (Venegas *et al.*, 1994 y Vandermeer, 1995).

En la distribución espacial, se toma en cuenta el clima, la temperatura del suelo, la eficiencia de la intersección de la radiación solar y se busca un manejo más fácil de los cultivos, según Midmore (1990).

En la Tabla 2 aparecen los valores y vectores propios del análisis de componentes principales, realizado a los diferentes arreglos espaciales en períodos temprano y períodos tardío. Las dos primeras componentes acumularon el 82.8 % de la variabilidad total, correspondiendo a la primera el 66.1 % de la variabilidad existente entre los arreglos considerados y la segunda acumuló el 16.7 %.

La primera componente C1 está determinada por el número de flores por planta y por racimo, el número de frutos por planta y por racimo, el rendimiento y la masa promedio de los frutos.

La segunda componente C2 está determinada por el número de racimos por planta y el resto de las variables no presentaron contribución alguna.

Resumiendo, se puede plantear que la variabilidad total que se presenta en el cultivo del tomate distribuido en el campo con diferentes arreglos espaciales se encuentra determinado fundamentalmente por el número de flores por planta y por racimo, el número de frutos por planta y por racimo, la masa promedio de los frutos y el rendimiento.

Tabla 2. Valores y vectores propios y porcentaje de contribución de las variables en los componentes C1 y C2

	C1	C2
Valores propios	4.6	1.2
Contribución a la variación total (%)	66.1	16.7
% acumulado		82.8
Número racimos por planta	-0.187	-0.949
Número flores por planta	-0.848	-0.402
Número de flores por racimo	-0.944	-0.026
Número de frutos por racimo	-0.939	0.126
Número de frutos por planta	-0.872	0.109
Masa promedio de frutos (g)	0.726	-0.199
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	-0.903	0.195

La distribución de los arreglos espaciales se observa en la Figura 3. A medida que se aleja del origen (eje x) de derecha a izquierda, se encuentran los arreglos espaciales con mayores número de flores por planta y por racimo, número de frutos por planta y por racimo y rendimiento, como es el caso del arreglo de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate, que integran el grupo I. El grupo II presenta características similares al grupo I en cuanto a las variables antes mencionadas, aunque se encuentra algo más próximo al eje Y o componente C2 por lo que parece ser que también el número de racimos por planta influye en el arreglo que compone éste grupo que es el de dos hileras de maíz por ambos lados de dos hileras de tomate, o sea que presenta como promedio mayor número de racimos por planta y se observa una tendencia a comenzar a aumentar la masa promedio de los frutos.

También el grupo III se encuentra desplazado algo hacia la izquierda pero la variable que más le contribuye a su ubicación es la masa promedio de los frutos, la cual presenta mayores valores encontrándose en este grupo los arreglos de dos hileras de maíz por ambos lados de cinco hileras de tomate.

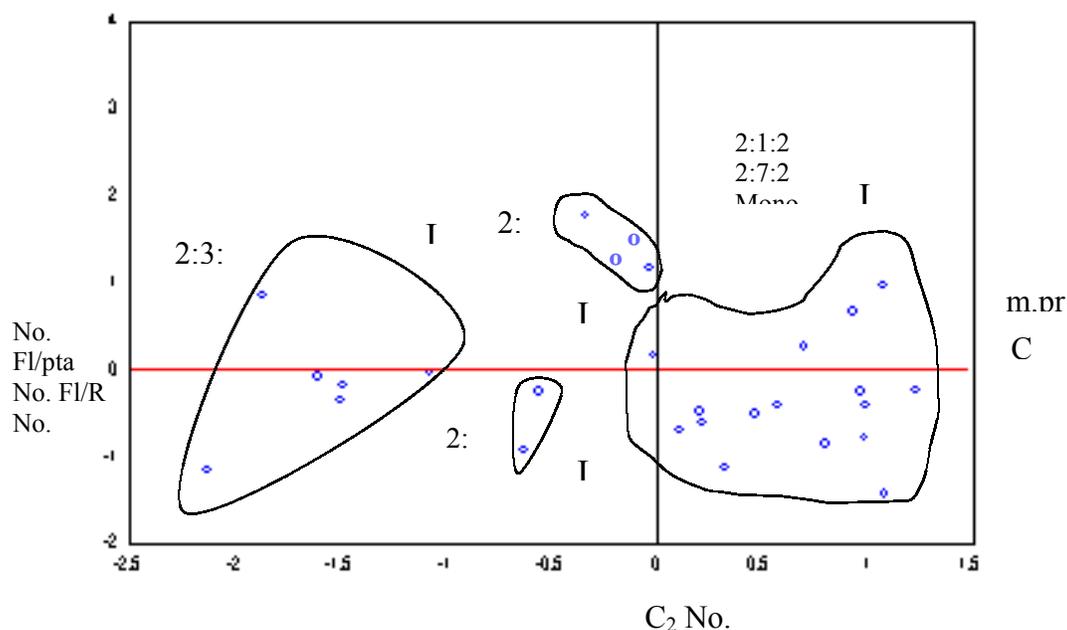


Figura 3. Representación del análisis de Componentes Principales de los diferentes arreglos espaciales

Así mismo, en el eje Y, a medida que se aleja del origen hacia abajo se encuentran los arreglos que tienen mejor comportamiento en cuanto a número de racimos por planta y también mayor masa promedio de los frutos al encontrarse a la derecha del eje X; este es el caso del grupo IV integrado por aquellos arreglos espaciales como el dos hileras de maíz por ambos lados de una hilera de tomate (2:1:2); dos hileras de maíz por ambos lados de siete hileras de tomate (2:7:2) y los monocultivos de tomate a 0.90 x 0.30 m y 1.40 x 0.30 m respectivamente, en este grupo se observa que presentan reducciones en las variables de floración-fructificación por lo que el rendimiento está determinado por la masa promedio de los frutos.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido en el Análisis Discriminante (Tabla 3) donde se obtuvo un 100 % de clasificación de los individuos dentro de cada grupo, lo que confirma la correcta formación de los mismos.

Tabla 3. Porcentaje de clasificación de acuerdo a los grupos

Grupos	Porcentaje	GI	GII	GIII	GIV
Total	100.00	6	2	4	16

En la Tabla 4 aparecen las medias de las variables para cada grupo, analizando el comportamiento de las mismas entre grupos y teniendo en cuenta los arreglos que los conforman se observa que el grupo II aún cuando presenta un promedio en el número de racimos por planta similar al grupo I las variables que miden la floración presentan diferencias entre sí, observándose que el número de flores por planta y por racimos disminuye lo que evidencia que existe un efecto del tratamiento o arreglo espacial que forma éste grupo que no favorece que exista un beneficio en ésta fase del cultivo.

Esta misma tendencia se observa en los otros dos grupos formados donde inclusive disminuye el número de racimos por planta al igual que el resto de las variables de floración.

Las variables de fructificación se verán igualmente afectadas debido al comportamiento anterior, pero es más evidente en los grupos III y IV al comparar el número de frutos por planta con el número de flores por planta donde se observa que hubo una mayor pérdida de los mismos que no llegaron a convertirse en frutos o que estos frutos no llegaron a cosecha, ya que se observa que los rendimientos también resultaron inferiores aunque existió un aumento en la masa promedio de los frutos.

Los arreglos espaciales que forman estos dos grupos II y IV donde existieron los valores más bajos son aquellos donde el maíz ejerce de acuerdo a su distribución espacial mayor o menor efecto de sombra; así como también se encuentran agrupados los monocultivos de tomate.

Sin embargo, en la distribución espacial con arreglo 2:3:2 parece ser que es donde el maíz ejerce un efecto de sombra adecuado para favorecer el proceso de

floración y cuajado de los frutos al obtenerse resultados satisfactorios tanto en el rendimiento como en sus componentes.

Tabla 4. Medias de las variables por grupos

Variables	Grupos			
	I	II	III	IV
Número racimos por planta	5.26	5.34	4.34	4.61
Número flores por planta	15.22	11.81	10.53	9.13
Número flores por racimo	3.14	2.41	2.01	1.60
Número frutos por racimo	2.76	1.83	1.66	1.36
Número frutos por planta	13.84	9.77	7.20	6.26
Masa promedio de frutos (g)	63.38	64.75	66.50	67.81
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	22.24	18.91	17.70	16.44

Un comportamiento más detallado de las diferentes variables en los intervalos de confianza puede observarse en las figuras (4-9).

La tendencia general en ambos períodos temprano y tardío fue a que los mejores resultados en todas las variables se presentaran en el tratamiento 3 que representa al arreglo espacial 2:3:2, el cual difirió significativamente del resto de los tratamientos.

Le sigue en orden de importancia el tratamiento 2 (2:2:2) en los arreglos más estrechos y 2:5:2 en los arreglos más amplios los cuales de manera general difirieron significativamente del resto.

Este comportamiento está muy en concordancia con lo obtenido en la formación de los grupos tanto del componente principal, como del análisis discriminante donde aparece como se planteaba anteriormente el grupo I formado por el arreglo 2.3.2; el grupo II formado por el arreglo 2.2.2 y el grupo III formado por el arreglo 2:5:2 todos con independencia del período de siembra.

En el caso del resto de los arreglos la tendencia fue a no presentar diferencias significativas entre ellos lo que también confirma su ubicación en un mismo grupo de los análisis multivariados.

Deben destacarse algunas particularidades que pudieron ser analizadas a través de los intervalos ya que como puede observarse también de manera general los valores absolutos del período tardío resultaron más bajos que en el período temprano, esto es un aspecto que caracteriza a ambos períodos ya que las plantas en el período temprano se encuentran en condiciones no favorables en el momento de siembra y trasplante y posteriormente se adentran en el llamado período óptimo comenzando el mismo a partir del 21 de octubre esto beneficia a que la fase crítica (floración-fructificación) del cultivo se desarrolle favorablemente en cuanto al efecto que sobre ella ejercen los factores meteorológicos y elementos climáticos (radiación incidente, temperatura del aire y humedad relativa).

En el caso del período tardío las plantas comienzan con su semillero y trasplante en los meses más fríos del año para las condiciones de Cuba (enero-febrero) y comienzan a adentrarse en meses donde las temperaturas ascienden con rapidez aspecto éste que afecta la fase de floración anteriormente mencionada. Al ser comparados ambos períodos de siembra se observa que los valores absolutos de las variables son menores en todos los tratamientos durante el período tardío con respecto al período temprano.

En trabajos desarrollados por Sam e Iglesias (1993 y 1994) en período no óptimo para el cultivo del tomate se demuestra que aunque existe una tendencia similar tanto en período óptimo como no óptimo en la producción de botones florales existen diferencias en los totales promedios, debido fundamentalmente al desarrollo desigual del primordio floral una vez iniciado debido a la incidencia de los factores ambientales: temperatura, humedad del suelo e iluminación.

Otro aspecto que plantean dichos autores es que en el período no óptimo existe una baja producción de flores y frutos con menos masa promedio y tamaño de los mismos presentándose un adelanto en su proceso de maduración, así como, que las temperaturas elevadas impiden un mejor cuajado de los frutos lo que está en dependencia del genotipo y condiciones ambientales.

Sawhney y Polowick (1985) sometieron plantas de tomate a tres nivel diferentes de temperatura del aire día/noche y determinaron que las sometidas a mayores regímenes (28gC día y 23gC) noche fueron las que florecieron primero pero estas temperaturas causaron caída de las flores, menor cuajado y número de frutos así como frutos más pequeños.

En trabajos reportados en la literatura sobre el cultivo del tomate fuera del período óptimo , se plantea por Dominí (1996) que es importante cuando se trabaja con siembras tardíos y temprano la utilización de variedades de alta capacidad reproductiva; ya que en las siembras en períodos óptimos los procesos de floración-fructificación ocurren en condiciones de temperatura, luz y humedad relativa cercanas a las óptimas recomendadas para la especie, lo que asegura una alta fructificación y cuajado de los frutos.

Los rendimientos obtenidos al utilizar el arreglo espacial de 2:3:2 oscilaron entre 20 y 24 t.ha⁻¹ los que comparados con los obtenidos por Gómez, Hernández y Pau (1990) en condiciones de tapado con tela cheese-cloth de 10.23 a 12.33 t.ha⁻¹ resultaron superiores, así como, resultaron similares a los obtenidos en período óptimo en estudios de variedades por Morales (1997) donde se incluía el genotipo INCA-17.

Las variables número de flores por planta y racimo y número de frutos por planta y racimo resultaron ser las de mayor influencia sobre el rendimiento, tanto en período temprano como tardío coincidiendo con autores como Alvarez y Torres (1984), Moya (1995), Dominí y Moya (1997) y Terry, Pino y Medina (1998).

De los resultados discutidos hasta aquí se pone de manifiesto que el rendimiento y sus componentes presentaron los mejores resultados en el arreglo espacial de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate.

También se evidenció en el análisis de las medias por grupos lo planteado por Marrero (1986) y Sam e Iglesias (1993, 1994) con relación a la influencia que ejercen en las plantaciones fuera de período óptimo los factores del clima, sobretudo en la fase de floración-fructificación cuando dichas plantaciones están a plena exposición solar, que en este caso los valores de rendimiento oscilaron alrededor de las 15 a 18 t.ha⁻¹.

Otro aspecto que pudo ser comprobado es que tanto niveles de sombreado excesivo como insuficiente afectan el proceso de floración y formación de frutos en el cultivo del tomate y por ende el número de frutos por planta que llegan a cosecha y el rendimiento, por lo que lograr un arreglo espacial adecuado es uno de los aspectos a tener en cuenta en una asociación de cultivos cuyo objetivo sea proteger o modificar las condiciones ambientales adversas, con vistas a obtener o mejorar la productividad del cultivo protegido. Al respecto Nuez (1995), planteó que una fuerte disminución en la intensidad luminosa provoca trastornos en el porcentaje de fructificación del cultivo del tomate.

Sin embargo, no es posible sólo con el arreglo espacial mejorar las condiciones ambientales en las que debe desarrollarse el cultivo que se encuentra fuera de su período óptimo de siembra ya que es necesario asociar al mismo con otro cultivo que sea capaz de proveer una sombra tal que modifique esas condiciones ambientales con el dosel de su follaje por lo que para lograr este objetivo debe tenerse en cuenta el tiempo con que debe ser sembrado uno con respecto al otro.

4.1.2. Tiempo relativo de siembra

Para muchos autores, entre ellos Dietrich (1983), el tiempo relativo de siembra en una asociación determina, el resultado o rendimiento final de la misma debido fundamentalmente a la competencia interespecífica que se establece entre los componentes de la asociación, por diversos factores ya sea agua, luz, nutrientes; sin embargo, también existe otra teoría que tiene mucho que ver con el tiempo relativo de siembra que es la teoría de la facilitación (Vandermeer, 1995) donde en dependencia del momento en que se siembra un cultivo con respecto al otro y la forma en que se realice esta siembra, uno de ellos podrá facilitar de algún modo el desarrollo y rendimiento final del otro.

Este es el caso en la asociación tomate- maíz, donde debe encontrarse el momento adecuado de sembrar el maíz con respecto al trasplante del tomate de manera tal que el mismo provoque una sombra que sea capaz de modificar el fitoclima y que a

su vez sea adecuada para lograr niveles de floración y fructificación que redunden en rendimientos satisfactorios.

En los análisis de Componentes Principales realizados con los diferentes tiempos relativos de siembra (Tabla 5) y las mismas variables que en el subepígrafe anterior se observaron diferencias en cuanto a la variabilidad total que en este caso fue del 90.2 % contribuyendo la primera componente C_1 en un 73.12 % y la segunda en un 17.06 %.

En la componente C_1 , estuvieron representadas las mismas variables que en el anterior con similar comportamiento al igual que en la componente C_2 .

Tabla 5. Valores y Vectores propios y porcentaje de contribución de las variables en los componentes C_1 y C_2

	C_1	C_2
Valores propios	5.12	1.19
Contribución a la variación total (%)	73.12	17.06
% acumulado		90.20
Vectores propios		
Número de racimos por planta	-0.189	0.957
Número de flores por planta	-0.937	0.195
Número de flores por racimo	-0.923	-0.594
Número de frutos por racimos	-0.982	-0.111
Número frutos por planta	-0.963	0.099
Masa promedio de frutos (g)	0.775	0.458
Rendimiento ($t. ha^{-1}$)	-0.933	0.065

La Figura 10 muestra la distribución de los diferentes tiempos relativos de siembra donde existió la formación de tres grupos. Como se puede observar, a medida que se aleja del origen (eje x) hacia la izquierda se encuentran los tiempos relativos de siembra caracterizados por un mayor número de flores por planta y por racimo; número de frutos por planta y por racimo; rendimiento y menor masa promedio de las frutos como es el caso del maíz sembrado treinta días antes del trasplante del tomate (grupo I). En el mismo eje más a la derecha se encuentra los individuos

que responden al maíz sembrado quince días antes del trasplante del tomate (grupo II) y que se caracterizan por las mismas variables pero con una disminución en cuanto a los resultados obtenidos y un aumento de la masa promedio de los frutos. A la derecha del eje x, se encuentran los individuos donde el maíz fue sembrado al momento del trasplante y los monocultivos (grupo III), ellos se encuentran caracterizados por una mayor masa promedio de los frutos y menores valores en cuanto al rendimiento y sus componentes.

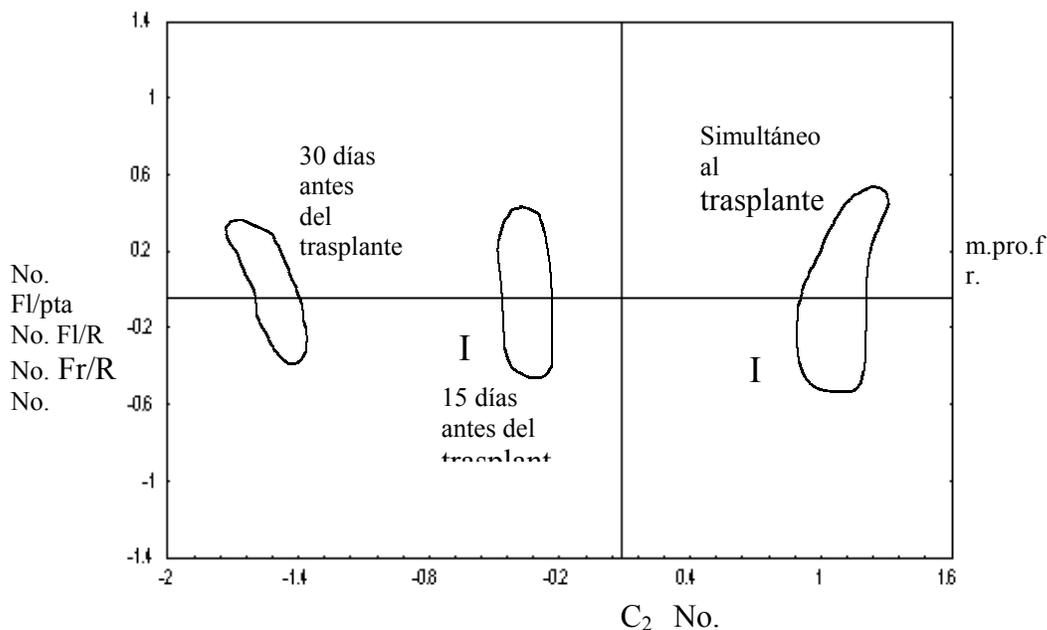


Figura 10. Representación del Análisis de Componentes Principales del tiempo relativo de siembra

Estos resultados indican que tanto para los diferentes arreglos espaciales como para el tiempo relativo de siembra, el rendimiento se verá mayormente influenciado por el número de flores por planta y por racimo y número de frutos por planta y por racimo y en menor medida por la masa promedio de los frutos que aunque presenta cierta influencia, su valor absoluto es menor que el del resto de las variables y su efecto también contrario ya que en la medida que los otros componentes aumentan ella disminuye y viceversa, de acuerdo con lo observado en la Tabla 5.

En el análisis discriminante (Tabla 6), los individuos tuvieron un 100 % de clasificación dentro de los tres grupos formados, lo que corrobora lo encontrado en el Componente Principal.

Tabla 6. Porcentaje de clasificación de acuerdo a los grupos

Grupos	I	II	III	Porcentaje
Total	2	2	4	100

Las medias de las variables por grupos (Tabla 7) permite observar mejor lo anteriormente planteado y a su vez realizar el análisis entre grupos de acuerdo con los individuos que los forman.

Tabla 7. Medias de las variables por grupo

Variable	Grupos		
	I	II	III
Número de racimos por planta	5.62	5.06	4.57
Número de flores por planta	18.82	12.59	9.92
Número de flores por racimo	2.97	2.20	1.51
Número de frutos por racimo	2.35	1.67	1.18
Número de fruto por planta	13.20	8.45	5.39
Masa promedio de frutos (g)	62.71	63.02	67.34
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	21.70	19.17	17.41

Se observa que el grupo I se encuentra perfectamente diferenciado del resto, ya que las variables que definen el rendimiento en su mayoría presentaron los mayores valores con excepción de la masa promedio de los frutos que mostró el valor mas bajo con relación a los otros grupos.

Si se tiene en cuenta, que en este grupo el maíz fue sembrado treinta días antes del trasplante del tomate al llegar a la fase de floración-fructificación, el maíz tiene sesenta días de sembrado por lo que terminó su fase de crecimiento vegetativo

alcanzando una altura de 2.4 m en período temprano y 2.5-2.6 m en período tardío, por lo que podrá proyectar una sombra tal, que logre modificar el fitoclima dentro del sistema, mientras, que cuando el maíz fue sembrado quince días antes del trasplante (grupo II) en el momento de floración-fructificación del tomate, el mismo tiene 45 días de sembrado y su altura es de 90 cm en período temprano y 1 m en período tardío por lo que el ángulo de sombra que proyecta es insuficiente para cubrir la franja completa de tomate, esto provoca que comiencen a disminuir los valores del rendimiento y sus componentes hasta los más bajos en el grupo III donde no existe efecto de sombra.(ver ANEXOS I Y II).

Estos resultados sugieren que no sólo el hallar el mejor arreglo espacial permite modificar el fitoclima para obtener mayores rendimientos fuera de período óptimo, sino que el tiempo relativo de siembra también es definitorio en este propósito.

Esto se ve reflejado en el análisis del valor medio de cada intervalo de confianza para cada períodos temprano y tardío (Figuras 11 y 12).

La tendencia en las variables fue a que el rendimiento en ambos períodos se viera mayormente influenciado por el número de flores por planta y por racimo y el número de frutos por planta y por racimos en el tratamiento de mejores resultados o sea siembra de maíz 30 días antes del trasplante del tomate (T3).

En el tratamiento siembra de maíz quince días antes del trasplante (T2) se ve claramente como las variables anteriores disminuyen en sus valores y la masa promedio de los frutos aumentan, también puede observarse como a pesar de poseer un número de racimos prácticamente similar al tratamiento 3 (2:3:2) tanto el número de flores por planta como el número de flores por racimo resultó inferior, otro aspecto que se vió disminuido fue el número de frutos por racimo con relación a las flores por racimo lo que provocó que el número de frutos por planta se redujera así como el rendimiento.

Y ya en los tratamientos siembra del maíz simultáneo al trasplante (T1) y monocultivo de tomate (T4), el comportamiento fue similar y predominó la variable masa promedio del fruto como carácter de mayor contribución al rendimiento, observándose la gran diferencia en los resultados con relación al tratamiento T3.

Al respecto, Leyva *et al.* (1992) en estudios realizados utilizando el maíz como cultivo asociado del boniato, encontró que el maíz debe ser sembrado 10 ó 15 días antes de plantar el boniato; así mismo Mattheus *et al.* (1991) sembró sorgo 30 días antes que el maní con vistas a modificar el fitoclima encontrando que los factores relacionados con el desarrollo del maní tales como número de hojas y número de vainas se incrementaron donde la radiación incidente y la temperatura del suelo decrecieron en el policultivo con relación al monocultivo.

Con relación a los resultados obtenidos al sembrar maíz simultáneo con el trasplante del tomate, en arreglos espaciales mixtos Adelana (1984), encontró reducciones de hasta un 50 % en el rendimiento con respecto a los obtenidos en los monocultivos cuando aplicó estas mismas variantes.

Finalmente pudo observarse que el sembrar el maíz 30 días antes del trasplante del tomate, provocó en la planta una respuesta satisfactoria con relación a los otros tiempos relativos de siembra y a los monocultivos.

No obstante, una vez determinado tanto el arreglo espacial como el tiempo relativo de siembra de manera individual, ambos deben ser relacionados para alcanzar la combinación donde exista la mayor respuesta de la planta a través del rendimiento y sus componentes.

4.1.3. Relación entre los diferentes arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra

Como se observó en los subepígrafes anteriores, es de suma importancia determinar el arreglo espacial adecuado, así como el tiempo relativo de siembra de los cultivos involucrados en la asociación; pero mucho más importante y dependiendo del objetivo a lograr es la interacción de ambos factores.

En este caso como se pretende modificar el fitoclima en función de los problemas que presenta el tomate debido a la influencia que ejercen la iluminación y la temperatura en el proceso de floración fuera del período óptimo, es necesario encontrar el arreglo topológico adecuado que permita que el cultivo tenga una

respuesta positiva ante la disminución de dichos factores y por ende se garanticen rendimientos económicamente viables.

Al respecto, Stigter (1984) expresó, que la sombra con cultivos de porte alto implica la reflexión y absorción de exceso de energía solar, transmitiendo sólo los requerimientos del suelo o los cultivos.

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis de Componentes Principales de la combinación de los arreglos espaciales con el tiempo relativo de siembra con independencia de los períodos de siembra.

Tabla 8. Valores y Vectores propios de los arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra

	C ₁	C ₂
Valores propios	4.64	1.12
% de contribución total	66.39	16.07
% acumulado	82.5	
Vectores propios		
Número de racimos por planta	-0.180	-0.939
Número de flores por planta	-0.869	-0.352
Número de flores por racimos	-0.935	-0.014
Número de frutos por racimo	-0.953	0.107
Número de frutos por planta	-0.884	0.040
Masa promedio de los frutos	0.732	-0.271
Rendimiento	-0.870	0.174

Se observa que la contribución total fue de un 82.5 %; la primera componente C₁ aportó la mayor contribución con un 66.39 %, mientras que la segunda componente C₂ fue de 16.07 %.

Las variables en cada componente presentan la misma distribución que en los casos anteriores; así como también coincide su ubicación con respecto a los ejes

X (componentes C_1) y Y (componente C_2) en la representación gráfica de los diferentes arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra (Figura 13).

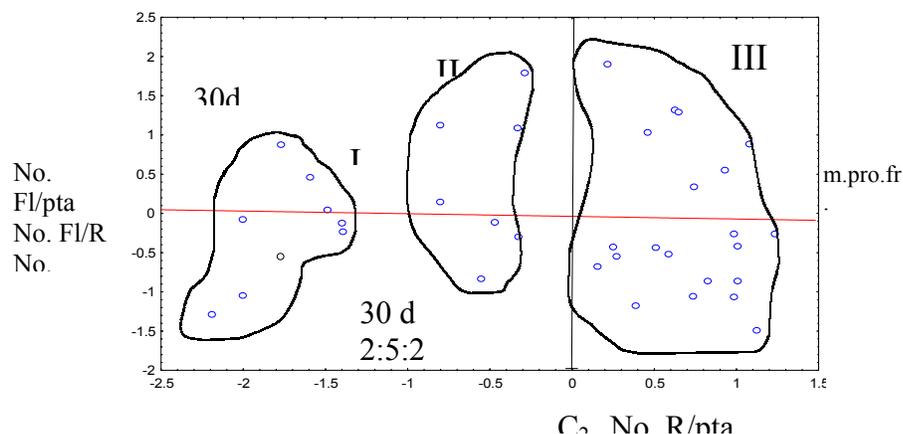


Figura 13. Representación del Análisis de Componentes Principales de los diferentes arreglos espaciales y el tiempo relativo de siembra

En la Figura 13 se observan tres grupos bien definidos de acuerdo a las variables que caracterizaron los ejes; el grupo I compuesto por el arreglo espacial 2:3:2 y el maíz sembrado 30 días antes del trasplante está caracterizado por un mayor número de flores por planta y por racimo; mayor número de frutos por planta y por racimo y mayor rendimiento.

En el grupo II se encuentran los arreglos espaciales 2:2:2 y 2:5:2 con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante del tomate así como, el arreglo 2:3:2 con el maíz sembrado 15 días antes del trasplante del tomate caracterizándose por tener un comportamiento inferior en todas las variables antes mencionadas y un aumento en la masa promedio de los frutos.

Es de destacar en la formación de éste grupo que tanto cuando el maíz es sembrado 30 días antes del trasplante combinado con los arreglos 2:2:2 y 2:5:2 como inclusive cuando está presente el arreglo de mejor comportamiento (2:3:2) pero el maíz fue sembrado 15 días antes del trasplante la tendencia sea la misma, lo que pudiera estar muy relacionado con el papel de la cobertura del follaje del

maíz en las modificaciones del fitoclima a nivel de sistemas y su influencia sobre el rendimiento y sus componentes.

Por último el grupo III representa a los arreglos 2:1:2, 2:7:2 con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante, 2:3:2 con el maíz sembrado simultáneo al trasplante y los monocultivos de tomate todos ellos presentando el mismo comportamiento y los más bajos resultados en cuanto a números de flores y fruto por planta y por racimos así como bajos rendimientos; sin embargo son los que mayor masa promedio de los frutos presentan.

En este caso la componente C_2 caracterizada por el número de racimos por planta no presentó influencia sobre los individuos para formar los diferentes grupos.

El análisis discriminante (Tabla 9) mostró la adecuada formación de los grupos al clasificar con un 100 % de individuos dentro de grupos.

Tabla 9. Porcentaje de clasificación de acuerdo a los grupos

Grupos	I	II	III	Porcentaje
Total	8	6	22	100

Al analizar las medias de las variables por grupo (Tabla 10) se observa que existió un comportamiento diferenciado en el grupo I, es evidente el favorecimiento en el porcentaje de floración y fructificación que se logra debido a la combinación del arreglo espacial y el tiempo relativo de siembra.

Tabla 10. Medias de las variables por grupos

Variedades	Grupos		
	I	II	III
Número de racimos	5.38	5.00	5.10
Número de flores/planta	17.37	12.65	10.56
Número de flores/racimo	3.37	2.51	2.01
Número de frutos/racimo	3.09	2.29	1.83
Número de frutos/planta	16.20	12.43	10.32
Masa promedio frutos (g)	63.42	65.42	67.05

Rendimiento (t. ha ⁻¹)	22.45	20.45	17.16
------------------------------------	-------	-------	-------

En el grupo II existen individuos que pudiera decirse que tienen un comportamiento intermedio entre el grupo I y el III ya que el arreglo 2:2:2 aunque el maíz fue sembrado 30 días antes del trasplante al tener menor número de hileras de tomate, la luz que se intercepta es mayor lo que parece sugerir por los resultados, que se afecta el balance de la floración por la modificación que pudiera producirse en el fitoclima a nivel de sistema.

En el arreglo 2:5:2 también el maíz fue sembrado 30 días antes del trasplante pero al contar con mayor número de hileras de tomate, aquí en la intercepción de la luz ocurre lo contrario, el dosel que forman las plantas de maíz permite una mayor entrada de luz afectándose igualmente el proceso de floración de las plantas de tomate en éste caso por exceso.

El otro arreglo que compone este grupo es el 2:3:2 pero el maíz se siembra 15 días antes del trasplante, ocurriendo que, cuando las plantas de tomate arriban a la fase de floración y cuajado de los frutos, las plantas de maíz tienen alrededor de 30 o 40 días de sembradas por lo que no proyectan un nivel de sombra capaz de lograr las características antes mencionadas.

El grupo III por su parte se encuentra formado por los individuos donde el nivel de sombra es más intenso 2:1:2, así como el 2:7:2 donde apenas existe sombra en las hileras más cercanas al maíz y las centrales permanecen expuestas a la luz solar al igual que los monocultivos y el 2:3:2 con el maíz sembrado simultáneo al trasplante.

En este grupo de acuerdo con los valores de sus medias, se verifica que en plantaciones fuera del período óptimo existe una disminución en el número de flores formadas; el número de frutos que cuajan y el rendimiento, de acuerdo a lo planteado por autores tales como Marrero (1983); Maroto (1992) y Verde y Alvarez (1994).

En general al existir tanto una disminución como un exceso en la intensidad luminosa esto provoca trastornos en el comportamiento de la planta que según Nuez y Chamarro (1995) están dadas porque una iluminación insuficiente provoca la caída de las flores incluso después de la polinización; así como puede provocar efectos desfavorables en los racimos tempranos, si por el contrario hay un exceso de la iluminación se provoca un aumento de la temperatura que acelera el desarrollo floral y puede implicar la incidencia de abortos.

Por tanto queda claro, de acuerdo con los resultados expuestos, que para el arreglo espacial seleccionado el tiempo relativo de siembra adecuado es 30 días antes del trasplante del tomate.

En estudios sobre combinación arreglo espacial-tiempo relativo de siembra autores como Moreno *et al.* (1995 a y b) reportaron que el sembrar maíz y quimbombó (*Abelmoschus esculentum*) antes de plantar la papa permitía obtener rendimientos superiores a los obtenidos en monocultivos en períodos tempranos y tardíos.

Así mismo, el Centro Internacional de la Papa (CIP 1992) reportó que en Egipto para la obtención de papa en agosto se empleó una asociación papa-maíz donde el maíz fue sembrado 6 semanas antes de plantar la papa, obteniéndose un incremento en la emergencia de la planta en un 30 % y un incremento en el rendimiento del 40 % en aquellas variedades tolerantes al calor.

Una vez determinada la mejor combinación arreglo espacial-tiempo relativo de siembra, se analizó si la calidad interna de los frutos también tenían alguna variación en el tratamiento combinado con relación al monocultivo.

4.1.4. Calidad interna de los frutos

Las variaciones en la calidad del fruto se deben a un complejo entre la influencia de aspectos genéticos, fisiológicos y ambientales, según expresaron Gull *et al.* (1989), los cuales plantean que el sabor del tomate está en función de los contenidos de azúcares y ácidos.

En la Tabla 11, se puede observar como los porcentajes de acidez, brix y materia seca, variaron entre los sistemas en estudio presentándose los mejores valores en el tratamiento de policultivo con independencia del período de siembra; encontrándose dichos valores dentro del rango de 4.5-5 % reportados como característicos de la variedad por Alvarez (1996).

Este comportamiento demuestra lo efectivo del sombreado no solo en el rendimiento y sus componentes, sino también en su influencia en los índices de calidad del fruto.

Tabla 11. Índices de calidad de los frutos

Tratamiento	Acidez	Brix	Materia seca
Período	(%)	(%)	(%)
Temprano			
Policultivo	0.31 c	4.87 a	5.51 a
Monocultivo	0.41 b	3.72 b	4.91 b
Tardío			
Policultivo	0.34 c	4.11 a	4.91 b
Monocultivo	0.47 a	3.03 b	3.71 c
ES x	0.009**	0.016**	0.008**

Cuando se analizan los períodos de siembra con relación al brix y la acidez (Tabla 11) no presentaron diferencias en el policultivo, mientras que sí hubo diferencias en el porcentaje de materia seca del fruto en el período temprano con el mayor valor (5.51 %) con relación al período tardío (4.91 %), lo que pudiera sugerir que en este período las temperaturas para la formación de los frutos se ven beneficiadas existiendo a su vez una mayor acumulación de fotoasimilatos durante la fase vegetativa del cultivo que permite una mayor traslocación y asimilación de los mismos por los frutos en los sistemas de policultivo.

Pudiera parecer contradictorio que el mayor valor de materia seca se obtenga en el policultivo, donde existe un efecto de sombreado que disminuye la radiación

y la temperatura del aire, así como la acción de viento, no siendo así en el monocultivo; sin embargo, en el policultivo al existir dos cultivos cohabitando sobre una misma superficie la evapotranspiración total del sistema debe resultar superior, lo que pudiera conllevar a que los frutos se encuentren menos hidratados y por tanto aumente el porcentaje de materia seca, además esto también conlleva a que aumente el contenido de sólidos solubles según Rudich *et al.* (1977).

Al analizar la relación brix/acidez (Tabla 12) se observó que la respuesta fue a los factores por separado y no a la interacción períodos -sistema; pero el comportamiento se mantiene al ser en el policultivo donde esta relación se ve beneficiada por el tipo de arreglo espacial, en este caso 2:3:2 y el efecto de sombra del maíz (30 días antes del trasplante).

Tabla 12. Relación brix/acidez

Período		Sistema	
Temprano	12.40 a	<i>Policultivo</i>	13.95 a
Tardío	9.45 b	Monocultivo	7.90 b
ESx	0.27**	ESx	0.26**

En la literatura consultada sobre la calidad del fruto de tomate, Ho (1996) planteó una relación positiva entre el contenido de materia seca en el fruto y el contenido de sólidos solubles (fructuosa y glucosa), así como que existe una relación inversa entre el contenido de materia seca y el tamaño del fruto en dependencia del cultivar.

Así mismo, De Koning (1993) encontró variaciones en el contenido de materia seca en el fruto del tomate debidas a la temperatura y la luz.

Queda claro, por tanto, que también el arreglo topológico encontrado presentó una calidad de los frutos adecuada para la variedad en estudio.

Lo encontrado hasta el momento con relación al rendimiento y sus componentes así como a la calidad de los frutos tanto en policultivo como en monocultivo sugirió que al existir dentro de las variedades de tomate de crecimiento determinado tres

tipos, se realizaran estudios donde se incluyeran genotipos de hábito de crecimiento determinado y que respondieran al tipo I o compacto (variedad Lignon); al tipo II o intermedio (variedad INCA-17) y al tipo III o abierto (variedad INCA 9-1) todos ellos con adaptación climática a las condiciones de fuera de período óptimo e incluir en esos estudios, dos formas de orientar las hileras con respecto a la salida y puesta del sol N-S y E-O.

4.2. Comportamiento de genotipos de tomate en policultivo y monocultivo con las hileras orientadas N-S y E-O

La utilización de diferentes genotipos en sistemas de asociaciones de cultivos es un tema aún muy poco estudiado, como lo es también la respuesta de las asociaciones de cultivos con diferente porte de crecimiento con respecto a si las hileras se orientan norte-sur o este-oeste.

Otro problema que se presenta es la respuesta de los genotipos cuando son sembrados fuera de su período óptimo, en el caso del tomate la mayoría de las variedades actuales de tomate han sido mejoradas y desarrolladas para producir en zonas templadas. Ellas presentan problemas para fructificar si las temperaturas durante la noche y el día llegan a 23 y 30°C respectivamente y tales condiciones se encuentran a menudo en los trópicos, lo que trae como consecuencia que el tomate sea un cultivo difícil de desarrollar (Villarreal, 1982).

De ahí la importancia que tiene el proteger de las condiciones climáticas adversas que se presentan fuera del período óptimo al cultivo a través de sombra artificial o natural, teniendo en cuenta la orientación de las hileras con respecto a la salida y puesta del sol de manera tal que se produzca un efecto de sombra capaz de modificar el fitoclima a nivel de sistema.

En la Tabla 13 aparecen los valores y vectores propios del análisis de componentes principales, realizados a los diferentes genotipos en las siembras tempranas y tardías. Las dos primeras componentes explicaron el 86.11 % de la

variabilidad total, correspondiendo a la primera el 64.23 % y a la segunda el 21.48 %.

La primera componente C_1 está determinada por el número de flores por planta y por racimo; el número de frutos por planta y por racimo y el rendimiento. La segunda componente C_2 está determinada por el número de racimos por planta y la masa promedio de los frutos.

En general, se puede plantear que sobre el rendimiento de estos tres genotipos que se analizan las variables de floración–fructificación son las que mayor peso ejercen sobre el rendimiento.

En este análisis a diferencia de los anteriores la masa promedio de los frutos se ubicó en la componente C_2 , lo que pudiera estar dado por la diferencia que existe en el tamaño de los frutos de los genotipos empleados, ya que en los genotipos intermedio y compacto la mayoría de los frutos son medianos; mientras que en el genotipo abierto los frutos son pequeños.

Tabla 13. Valores y Vectores propios

	C_1	C_2
Valores propios	5.17	1.72
% de contribución	64.63	21.48
Total		
% acumulado	86.11	
Vectores propios		
Número de racimos/planta	-0.590	-0.705
Número de flores/planta	-0.958	-0.049
Número de flores/racimo	-0.714	0.385
Número de frutos/racimo	-0.830	0.377
Número de frutos/planta	-0.937	-0.038
Masa promedio de frutos (g)	0.299	0.890
Rendimientos	-0.954	0.187

La distribución de los genotipos se observa en la Figura 14, a medida que se aleja del origen (eje x) de derecha a izquierda, se encuentra el genotipo abierto en policultivos con orientación de las hileras N-S en períodos temprano y tardío (grupo I). Estos dos individuos presentaron los mejores resultados en cuanto a número de flores por planta y por racimo; número de frutos por planta y por racimo y rendimiento.

En el mismo eje X pero cercanos a la parte superior del eje Y se encuentran los genotipos que tienen buen comportamiento en cuanto a las variables que definen la componente C_1 pero que presentan mayor masa promedio de los frutos, ellos son policultivo genotipo intermedio y genotipo compacto orientados N-S en las períodos temprano y tardío (grupo I).

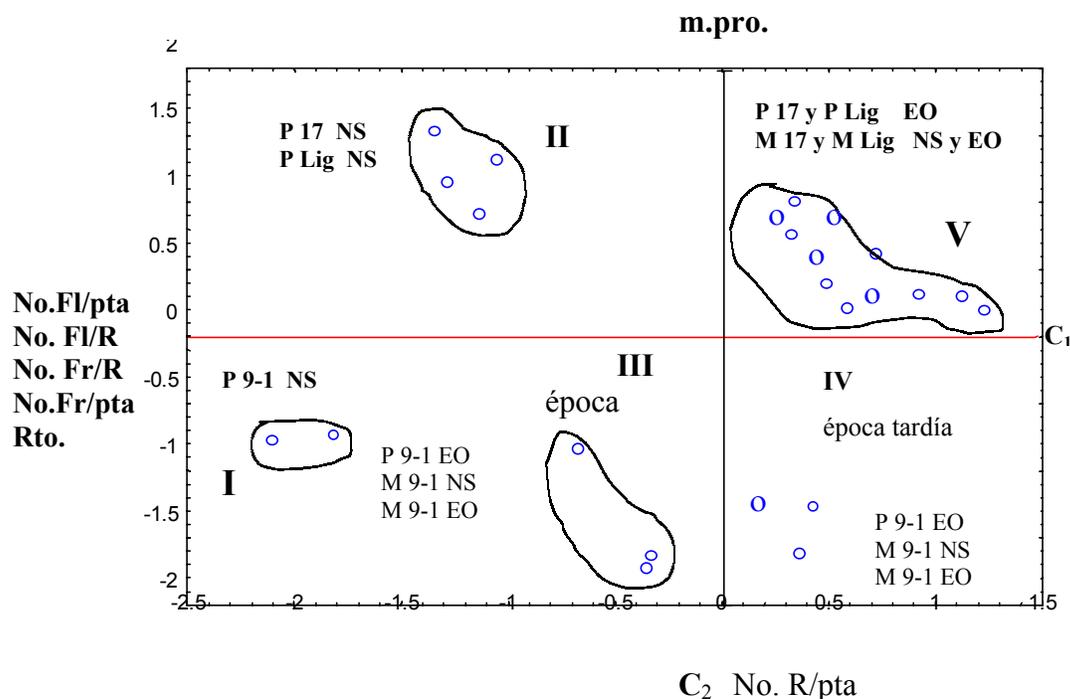


Figura 14. Representación gráfica del componente principal para los genotipos y las orientaciones de las hileras

También en el eje X pero pegado a la parte inferior del eje Y se encuentran el policultivo de tomate del genotipo abierto, orientado E-O y sus monocultivos

orientados N-S y E-O todos ellos pertenecientes al período temprano, (grupo III), caracterizado por tener un mayor número de racimos y una menor masa promedio de los frutos.

Hacia la derecha del eje X y próximo a la parte inferior del eje Y, se encuentra el grupo IV formado por el policultivo del genotipo abierto orientado E-O y sus monocultivos orientados N-S y E-O en el período tardío, caracterizado por mayor número de racimos y menor masa promedio de los frutos al igual que en el grupo anterior, pero aquí se observa que el porcentaje de fructificación fue menor.

También hacia la derecha del eje X pero cercano a la parte superior del eje Y se sitúa el grupo V compuesto por los policultivos de los genotipos intermedio y compacto orientados E-O y sus respectivos monocultivos orientados N-S y E-O en los períodos tempranos y tardíos.

Se observa que los grupos donde aparecen los policultivos con orientación de las hileras N-S tendieron a concentrarse hacia la izquierda del eje X donde prevalecieron las mejores características que definían la componente C_1 , mientras que los policultivos con orientación de las hileras E-O tendieron a concentrarse hacia la derecha del eje X con excepción del policultivo del genotipo abierto en período temprano.

El análisis discriminante (Tabla 14) reflejó un 100 % de clasificación dentro de grupos de los individuos corroborando lo obtenido en el Componente Principal.

Tabla 14. Porcentaje de clasificación de acuerdo a los grupos

Grupos	I	II	III	IV	V	Porcentaje
Total	2	4	3	3	12	100

Analizando la Tabla 15 de las medias de las variables para cada grupo se observa de manera general que en los que estuvo presente el genotipo abierto el número de racimos por planta fue superior al resto (grupo I, III y IV), así como la masa promedio de los frutos fue inferior, aspectos estos que caracterizan a esta variedad de acuerdo con lo reportado por González (1997) y Morales *et al.* (1997).

Tabla 15. Medias de las variables por grupo

Variables	Grupos				
	I	II	III	IV	V
Número de racimos/planta	7.16	5.59	7.21	7.00	5.05
Número de flores/planta	18.74	17.80	17.19	14.49	12.88
Número de flores/racimo	2.63	3.19	2.57	2.39	2.31
Número de frutos/racimo	2.47	2.47	1.74	1.75	1.70
Número de frutos/planta	17.62	14.81	12.55	11.86	10.59
Masa promedio frutos (g)	54.23	64.61	53.98	53.46	64.16
Rendimientos	23.30	21.35	19.28	17.38	16.58

También se observa que el grupo I presentó valores superiores de número de flores por planta y número de frutos por planta, así como un rendimiento superior al resto esto se debe a que este genotipo en su constitución presenta plasticidad ante las condiciones de estrés abiótico y al unir esta característica con el arreglo espacial 2:3:2 y a que el maíz fue sembrado 30 días antes del trasplante con las hileras orientadas N-S, el mismo se benefició en la fase de floración–fructificación con independencia del período de siembra.

Al respecto, Florido (1999), encontró poco nivel de daño celular en esta variedad con respecto a la variedad INCA-17 lo que demuestra su resistencia al estrés por altas temperaturas.

Los grupos III y IV tienen la característica de que en ellos se encuentran los genotipos desprovistos de sombra, lo que implica que sus resultados sean inferiores a los encontrados en el grupo anterior aunque el genotipo presente sea el mismo, aquí aparece que los grupos se definen de acuerdo con su períodos de siembra; esto parece deberse al comportamiento de las variedades determinadas

abiertas las cuales frente a períodos tempranos (Grupo III) tienden a abrirse más aumentando el porcentaje de fructificación y el número de frutos por racimo, así como que las plantas tienen mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de acuerdo con lo expresado por Torres (1987).

En el período tardío ocurre lo contrario, estas variedades al presentar un crecimiento más compacto disminuyen el porcentaje de fructificación y los frutos por racimo como se observa en el grupo IV debido a que el crecimiento vegetativo es menor por lo que existe un menor follaje y las flores y frutos se encuentran más expuestos a los factores adversos del clima (Torres, 1987).

En el grupo V aunque aparecen tratamientos de policultivos estos se diferencian de los monocultivos en cuanto al comportamiento de las plantas de tomate ya que las hileras se encuentran orientadas E-O por lo que las plantas de maíz no proyectan sombra sobre las de tomate y solamente va a existir un efecto ligero de autosombreo.

Partiendo de todo lo presentado, se observa que en general las variedades de tomate de crecimientos determinado responden al sistema de policultivo orientado N-S con un aumento de los rendimientos con relación a los monocultivos, oscilando sus valores de 21.47 y 22.53 t.ha⁻¹ para el policultivo y 16.34 y 18.44 t.ha⁻¹ para el monocultivo, en períodos tardío y temprano respectivamente.

Se observa además, que el efecto de sombra provocado por el maíz resulta beneficioso tanto a la fase de floración como de fructificación existiendo una mayor conversión de flores a frutos y mayor número de estos que llegan a cosecha con independencia del tipo de crecimiento ya sea compacto, intermedio o abierto de los genotipos y también con independencia de los períodos de siembra, siempre y cuando las hileras sean orientadas N-S.

También se observó diferenciación de la respuesta de los genotipos al período de siembra cuando están en monocultivo y en policultivos orientados E-O con relación al tipo de crecimiento, diferenciándose los del tipo abierto de los compactos e intermedios.

De manera detallada puede esto observarse en las Figuras 15 a la 18, donde aparecen los policultivos y monocultivos de los diferentes genotipos orientados N-S y E-O en los períodos temprano y tardío.

En la orientación N-S (Figuras 15 y 17) se observa claramente la diferenciación entre los tratamientos de policultivos y monocultivos presentándose los mejores resultados en el policultivo con independencia del genotipo.

Otro comportamiento es el que se observa en la orientación de las hileras E-O (Figuras 16 y 18) aquí la tendencia fue a la no diferenciación entre los tratamientos ya sean policultivos o monocultivos debido a que las condiciones con respecto a la exposición solar son las mismas.

En general pudo observarse que los resultados del rendimiento y sus componentes, son superiores en los tratamientos con orientación de las hileras N-S ($23\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a los orientados E-O ($17\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), teniendo en cuenta que los mismos son obtenidos fuera del período óptimo para el tomate.

De lo hasta aquí analizado se puede decir que existió una respuesta positiva con incremento en los rendimientos aún cuando estas variedades poseían adaptación climática cuando fueron plantadas con dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante y orientación de las hileras N-S.

Hasta el momento no se conoce de resultados que avalen de manera general los encontrados hasta aquí, en cuanto a la combinación de diferentes genotipos en asociación y a su vez con diferente ubicación de las hileras, aunque sí los que han abordado algunos de estos aspectos de manera independiente.

En cuanto al comportamiento de las variedades y de las variables que mayor contribución realiza al rendimiento Moya *et al.* (1996) plantearon que en las variedades determinadas de frutos pequeños el mayor efecto directo sobre el rendimiento lo presentaba el número de frutos por planta, mientras que en las variedades de frutos grandes y medianos el número de frutos por planta y por racimos, eran las variables de mayor efecto directo; estos resultados avalan los encontrados en el caso del genotipo abierto de fruto pequeño y los genotipos intermedio y compacto de frutos grandes y medianos.

En trabajos realizados por Mohamed (1990) en asociación papa-maíz se estudiaron diferentes arreglos espaciales con orientación de las hileras N-S y E-O, encontrándose los mejores resultados cuando las hileras fueron orientados N-S.

De manera general, entre los genotipos al ser desprotegidos se observó mejor comportamiento del genotipo abierto, esto coincide con resultados obtenidos por Alvarez, González y González (1993) y Dominí, Pino y Bertolí (1994) los cuales utilizaron esta variedad en trabajos de selección de variedades de tomate para períodos temprano y tardío presentando la misma los mejores resultados.

Se ha podido observar a lo largo de este capítulo que la sombra que provoca el maíz sobre las plantas de tomate de hábito de crecimiento determinado con la combinación arreglo espacial-tiempo relativo de siembra adecuados y la orientación N-S benefician la producción del cultivo fuera de su período óptimo.

Una vez obtenida una alternativa adecuada para lograr resultados satisfactorios en la producción de tomate en períodos temprano y tardío, resulta de gran importancia conocer en qué medida este sistema es capaz de modificar aquellos factores del clima que como se planteaba anteriormente son los que tienen mayor influencia en el crecimiento y desarrollo del tomate y como se comportan las diferentes fases por las que atraviesa el cultivo durante su ciclo; aspectos estos poco abordados en la literatura y prácticamente nulos en Cuba para este cultivo.

4.3. Evaluación de las modificaciones de algunas variables del fitoclima en la asociación tomate–maíz

El medio ejerce una influencia determinante en el comportamiento de las especies; un entorno propicio permite la manifestación del máximo potencial genético, por el contrario, si alguno de los factores del medio no es el requerido este puede convertirse en limitante para el desarrollo, y crecimiento, por lo que su explotación económica se ve seriamente afectada (Castillo *et al.*, 1997).

A medida que las investigaciones avanzan hacia modelos de desarrollo, se hace más evidente que las ventajas de producción de los policultivos con respecto a los

2:1:2	72.2	15.5	49.6	37.5	3.80	3.80	3.80	3.80
	2	8	8					
2:2:2	56.1	11.6	41.2	31.2	3.10	3.00	3.40	3.10
	1	8	6					
2:3:2	30.5	10.3	35.0	23.3	3.00	3.00	3.00	3.00
	5	8	7					
2:5:2	25.0	0	25.3	14.2	2.00	1.80	1.80	1.90
	0		9					
2:7:2	22.2	0	22.2	12.5	0.60	0.80	0.20	0.54
	2		2					
Monocultivo	-	-	-	-				

Tabla 17. Reducción de la radiación incidente (%) y de la temperatura del aire (gC) en los diferentes arreglos espaciales para el período tardío

Arreglos espaciales	%Reducción de la Radiación incidente			% reducción de Radiación incidente diaria	Reducción de la Temperatura del aire			en Reducción de la Temperatura del aire durante el día
	9.00	12.0	3.00		9.0	12.0	3.00	
		0			0	0		
2:1:2	74.5	14.2	50.46	40.47	2.4	4.20	5.40	3.99
	7	1			0			
2:2:2	59.3	10.3	39.44	31.55	1.8	4.00	4.00	3.23
	2	7			0			
2:3:2	51.0	6.53	33.38	25.95	1.4	3.30	4.70	3.13
	8				0			
2:5:2	25.6	0	25.77	13.38	0.2	2.80	3.50	2.03
	6				0			
2:7:2	14.8	0	21.73	8.70	0.2	0.20	1.10	0.50

4

0

Monocultivo - - - -

Es interesante destacar como el fitoclima dentro de los arreglos espaciales no se modifica de igual forma en las diferentes horas del día; mientras que a las 9.00 a.m. y las 3.00 p.m. la reducción de la radiación alcanza un valor hasta del 74.6 % (período tardío), a las horas del mediodía esta solo llega hasta el 15.5 % (período temprano) en el arreglo donde existe mayor efecto de sombra (2:1:2) ; esto último resulta lógico pues en ese momento el sol se encuentra en el cenit lo que hace que los rayos solares se proyecten verticalmente sobre las plantas disminuyendo por tanto la proyección de la sombra hacia aquellas que se encuentran a su alrededor, por lo que el efecto del maíz como planta sombreadora se ve disminuido sustancialmente. Durante el desarrollo de los experimentos la radiación osciló entre 0.7 y 0.8 Kw/m².

Un elemento importante que se puede apreciar en esas dos tablas anteriormente señaladas, es que en el período temprano en comparación con el período tardío hay una menor reducción de la radiación en los arreglos espaciales más cerrados, donde es más efectivo el sombreadamiento, mientras que en los arreglos más abiertos ocurre lo contrario; debe tenerse en cuenta que el período (tardío) comprende los meses de febrero a mayo, siendo el mes de abril el de mayor intensidad luminosa en las condiciones de Cuba, en esta períodos el maíz alcanza una mayor altura (2.5-2.6m) y como consecuencia de ello proyecta mayor sombra sobre el tomate disminuyendo de esta forma en mayor cuantía las magnitudes de las variables climáticas.

En cuanto a la temperatura también se puede apreciar en las Tablas 16 y 17, que los arreglos espaciales estudiados contribuyeron a reducirla en un rango que osciló entre 0.5 y 3.99gC como promedio, al respecto Rylski, (1979) definió que durante la floración la temperatura media óptima debía ser de alrededor de 22gC para obtener un buen cuajado de los frutos en período óptimo; sin embargo, durante el período temprano pudo observarse que en el tratamiento 2:3:2 la

temperatura media promedio de los tres horarios a que se realizaron las mediciones tuvo un valor de 21gC, mientras que en el período tardío fue de 20.5gC con relación al monocultivo donde el valor fue de 24.06 y 23.0gC en los períodos temprano y tardío respectivamente.

Mientras que en los arreglos más estrechos la temperatura media presentó valores inferiores al óptimo, lo que unido a una gran reducción en la intensidad luminosa no humificó el proceso de floración y cuajado de los frutos y en el caso de los arreglos más amplios las temperaturas tendieron a aumentar, lo cual también se relacionó estrechamente con la poca reducción en la intensidad luminosa lo que provocó que tampoco resultara beneficioso a dicho proceso.

No obstante, en las tablas se puede apreciar como a las 3.00 p.m., cuando se alcanza la mayor acumulación de la temperatura del día, se logra una reducción de casi 5gC con el arreglo espacial 2:3:2, en el período tardío lo que está muy relacionado con la reducción de la radiación en ese mismo horario que tuvo un valor de 33.38 % y la orientación N-S de las hileras.

Las diferencias encontradas en los niveles de iluminación de acuerdo con los arreglos espaciales estudiados permitió plantear que en aquellos donde fue deficiente (2:1:2 y 2:2:2) con valores de reducción de 37.5 a 40.47 % y 31.2 a 31.55 % períodos temprano y tardío respectivamente, las plantas de tomate sufrieron un retardo en la apertura de sus flores en la primera inflorescencia; así como, experimentaron una mayor caída de sus flores después de la polinización aspectos estos que se evidenciaron cuando fueron analizados los valores de las variables de floración en los intervalos de confianza por experimentos y que son confirmados por lo planteado por Chamorro (1995) quien plantea además que en niveles subóptimos de iluminación se induce un aumento en la elongación del tallo a expensas de otras partes de la planta, dando lugar a tallos más delgados y débiles con una mayor proporción de tejido parenquimatoso.

En el caso de aquellos arreglos más amplios como los 2:5:2, 2:7:2 y monocultivos de tomate donde existe una menor reducción de la radiación se observa un efecto combinado de la radiación con la temperatura del aire, ya que al existir una mayor incidencia de la primera provoca un aumento de la segunda influyendo sobre la

floración en las plantas de tomate ya que disminuye el número de flores por racimo y por consiguiente el número máximo de frutos que puede producir una planta (Abdul-Baki, 1991) además de poder presentar esas flores malformaciones en su estructura.

Al respecto, en estudios realizados en asociaciones de cultivo de papa-maíz fuera del periodo óptimo Midmore (1988 y 1990) señaló que el maíz intercepto entre el 25 y el 80 % de la luz solar incidente teniendo que ver en esto la distribución de los cultivos en el campo.

Se reportaron a su vez resultados en asociación de maíz con pimiento por el AVRDC (1993) donde se lograron en altas densidades de ambos cultivos reducciones del 80 al 90 % de la intensidad luminosa, mientras que en bajas densidades fue de un 10 %, en las densidades intermedias las reducciones fueron entre 20-40 %.

Mattheus *et al.* (1991) reportaron beneficios en cuanto al número de hojas y número de vainas en maní debido al sombreado que provocó el sorgo y por ende la intercepción de la radiación por el mismo.

Estos resultados con sombra natural son similares a los reportados por Sosa *et al.* (1992) y Pérez (1982) en los cultivos de tabaco y tomate tapados con tela cheese-cloth en cuanto a que la reducción de la intensidad luminosa adecuada para el desarrollo y obtención de altos rendimientos debe oscilar entre un 25 y 30 %.

En cuanto a las diferencias observadas en la intensidad luminosa en los meses que se encuentran dentro de cada período es en los meses de marzo y abril para las regiones interiores llanas del país donde se verifica el máximo de insolación real con magnitud ligeramente superior a 9h luz por día (Lecha y Campos 1994) al permanecer el cielo más despejado de nubes (Seguí y Morozov 1983); mientras que el mínimo se registra en junio, octubre y noviembre, con valores ligeramente inferiores a 7h luz por día (Lecha y Campos 1994).

En las Tablas 18 y 19 se puede observar que durante el período temprano existió una reducción de la radiación de un 25 % con una consiguiente reducción de la temperatura de 2.6gC como promedio durante el día, cuando las hileras fueron

orientadas N-S; mientras que en las hileras orientadas E-O la reducción sólo fue de 4.53 % y 0.4gC respectivamente.

Tabla 18. Porcentaje de reducción de la radiación incidente y la temperatura del aire (gC) durante el período temprano con orientación de las hileras N-S y E-O

Horas del día	% de reducción de la radiación		Reducción de la temperatura del día	
	Por horas	Total	Por horas	Total
Orientación N-S				
9.00	46.13		2.5	
12.00	4	25.0 %	2.8	2.6
3.00	25.54		2.5	
Orientación E-O				
9.00	8,63		0.9	
12.00	4	4.53 %	0.4	0.4
3.00	1.28		-	

Tabla 19. Porcentaje de reducción de la radiación incidente y la temperatura del aire (gC) durante el período tardío con orientación de las hileras N-S y E-O

Horas del día	% de reducción de la radiación		Reducción de la temperatura del día	
	Por horas	Total	Por horas	Total
Orientación N-S				
9.00	74.54		4	
12.00	5.77	26.7 %	2.9	3.6
3.00	28.02		4	
Orientación E-O				

9.00	19.03		0.2	
12.00	5.77	6.3 %	0.4	0.3
3.00	22.18		0.5	

También se observó que en las horas del día en que se realizaron las evaluaciones existió variación en cuanto a la reducción de la radiación y la temperatura del aire cuando las hileras fueron orientadas N-S y E-O.

En el período tardío ocurre algo similar, observándose que los valores de reducción para ambos factores son superiores a los obtenidos en el período temprano; lo que coincide con el análisis realizado de los diferentes arreglos espaciales en ambos períodos de siembra.

Otro aspecto comprobado es que las mayores reducciones en ambos factores se logran a las 9.00 a.m. y a las 3.00 p.m., siendo este último donde es mayor la acumulación de calor durante el día, también existe una reducción de la radiación así como un refrescamiento en la temperatura del aire .

Esto evidencia que para poder lograr el efecto de sombra que modifique el fitoclima; las hileras en los sistemas de asociación deben ser orientadas N-S para lograr reducir la radiación incidente en un 25 % y la temperatura del aire en 3gC.

Por tanto puede decirse, que los resultados obtenidos en el rendimiento y sus componentes en el arreglo espacial 2:3:2 son la consecuencia de las variaciones que se producen en el metabolismo de las plantas en las diferentes condiciones de cultivo debido a las modificaciones de la radiación incidente y de la temperatura del aire cuando las hileras fueron orientadas N-S.

Los resultados encontrados en este trabajo resultaron similares a los reportados por Mohamed (1990) al estudiar diferentes orientaciones de las hileras, encontrando que la mejor orientación resultó ser la N-S.

En general, pudo comprobarse que los resultados obtenidos en el rendimiento y sus componentes para estos estudio fuera del período óptimo requieren de un balance adecuado de radiación, temperatura y humedad relativa en la fase de floración el cual se logró en el tratamiento 2:3:2, no así en aquellos arreglos donde

existió disminución en la intensidad luminosa o donde por el contrario la misma fue muy alta provocando un aumento de la temperatura, observándose en ambos casos evidentes afectaciones en el proceso de floración y posterior fructificación.

Esto último coincide con lo planteado por Marrero (1983) y Nuez (1995) de que al aumentar las temperaturas como consecuencia de una alta iluminación se provoca abortos de flores y frutos, así como de manera general el aumento de estos factores modifica todas las funciones de la planta, pues llega a impedir la fotosíntesis y a desorganizar los sistemas enzimáticos necesarios para el desarrollo de la vida de las plantas.

También Fender y O'Connell (1990) plantearon que en estrés por altas temperaturas se produce la síntesis de proteínas de choque térmico que dañan las estructuras reproductivas y tienen como consecuencia deficiencias en el cuajado de los frutos y disminución de la producción.

Otro factor que se considera de importancia para la producción de tomate es la humedad relativa; se plantea por Hurd y Shcard (1981), Dell Amico *et al.* (1991) y Nuez (1995) que el tomate necesita valores inferiores al 90 % siendo los óptimos entre 70 y 80 %; los resultados que se obtuvieron en este trabajo para este factor oscilaron entre 70-80 % para el período temprano y 70-85 % para el período tardío encontrándose los mismos dentro del rango de los mencionados como óptimos por lo que no se consideró como un factor limitante para el desarrollo del cultivo.

Indudablemente, la radiación y la temperatura son variables estrechamente relacionados por lo que una reducción del primero implica una reducción del segundo, aunque como se sabe hay otros factores como la humedad relativa y la velocidad del viento que tienen influencia en el fitoclima, y estos han sido reportados por varios autores como Wilsie (1968), Backker (1990), FAO (1992).

No obstante y aún cuando se conoce que los diferentes factores y elementos climáticos actúan con un gran complejo, en este estudio se ha podido precisar que de los analizados han sido la temperatura del aire y la radiación incidente los que mayor influencia han ejercido en el desarrollo de las plantas de tomate cultivadas en el período denominado no óptimo por presentar valores que se alejan de los

adecuados para el cultivo y que una vez modificados favorablemente por la tecnología empleada atenuó su efecto desfavorable.

A partir de estas valoraciones se puede considerar que el elemento fundamental, en la condiciones donde se desarrollaron los experimentos fue la temperatura, por lo que se profundizó en la influencia de este factor del clima en el crecimiento y desarrollo del tomate tomando como base el monocultivo en ambos períodos de siembra, siendo necesario conocer cual o cuales de los índices térmicos son los de mayor influencia tanto en la duración del ciclo biológico del cultivo como en cada una de sus fases; así como que cantidad de unidades de calor le son necesarias al cultivo del tomate para completar su ciclo biológico.

4.4. Duración del ciclo biológico, fases fenológicas para los períodos temprano y tardío, y su relación con la temperatura en monocultivo de tomate

El conocimiento de la fenología o fases de desarrollo constituye una herramienta útil para la ampliación de las áreas de cultivo pues permite, tanto al investigador como al productor, proceder en la ejecución de actividades fitotécnicas en los momentos de máximas eficiencias para lograr mayores rendimientos de acuerdo con lo planteado por Ascensio, Ortiz y Ojeda (1991) y Nuez (1995).

La diversidad de fitoclima en que se cultiva el tomate hace difícil una generalización de la fenología del cultivo por lo que se hace necesario el estudio de los estadios de desarrollo y su duración para condiciones comunes de cada región (CATIE, 1990).

En la Tabla 20, se muestra que para el período temprano el ciclo tuvo una duración de 110 días, mientras que en el período tardío la duración fue de 97 días, aquí se destaca la reducción de ciclo en este período con relación al período temprano.

Tabla 20. Duración del ciclo biológico fases fenológicas para ambos períodos de siembra

Fases	Período temprano		Período tardío	
<i>Siembra-trasplante</i>	1-28	28 días	1-34	34 días
Trasplante- 50 % floración	29-56	27 días	35-63	28 días
50 % floración- Mad. masiva	57-101	44 días	64-91	27 días
Mad. masiva- senescencia	102-113	11 días	92-100	8 días
Ciclo	110 días		97 días	

Al realizar el análisis de la duración del ciclo en el período temprano se observó que el mismo tuvo una duración de 110 días comparado con 108 días obtenido por Verde (2000) al estudiar este mismo aspecto en el período óptimo también para el genotipo INCA-17; esto se explica debido a que el período temprano comprende los meses desde agosto hasta diciembre y el período óptimo se enmarca a partir del 21 de octubre hasta el 20 de enero lo que hace que ambos períodos prácticamente se solapen y las diferencias que existan en cuanto a temperatura media del aire promedio durante todo el ciclo sean muy pocas.

La temperatura media del ciclo del cultivo durante el período temprano tuvo un valor de 24.1gC el cual se encuentra dentro del rango considerado como óptimo para el cultivo de acuerdo con lo expresado por Kulicov y Rudnev (1980) y Marrero (1986) quienes plantearon como rango óptimo para un normal desarrollo del cultivo del tomate temperaturas medias de 20-24gC, que pueden inclusive llegar hasta 25gC de acuerdo con lo expresado por Chamarro (1995).

Sin embargo, cuando se analiza este mismo aspecto en el período tardío se observa una reducción en el ciclo biológico del cultivo en 13 días cuando las temperaturas medias durante el ciclo tuvieron un valor de 22.0gC las cuales también se encuentran dentro del rango de las comprendidas como óptimos esto pudiera parecer una contradicción, pero es explicado, porque lo que define las diferencias en la duración del ciclo biológico no es precisamente la temperatura media a lo largo de todo el ciclo, sino las temperaturas medias que ocurren

durante las diferentes fases del cultivo que determinan la duración de cada una de ellas como se observa en la Figura 19.

La planta cultivada en el período temprano presenta en sus primeras fases de crecimiento vegetativo temperaturas más elevadas durante los meses de agosto-septiembre posteriormente las temperaturas comienzan a descender gradualmente y el resto de las fases (reproductiva y senescencia) se van a desarrollar en meses como octubre, noviembre y diciembre los cuales presentan regímenes de temperatura, radiación y humedad relativa favorables para el desarrollo del cultivo en las condiciones de Cuba por lo que es llamado período óptimo como se planteaba con anterioridad de acuerdo con Casanova (1991) quién definió las fechas de siembra para el cultivo del tomate en el país.

Por el contrario en el período tardío ocurre que la planta comienza su fase vegetativa con temperaturas de 20-21°C consideradas como subóptimas para esta fase las cuales comienzan a incrementarse hacia los meses de abril y mayo donde el cultivo está en plena fase reproductiva y la respuesta de la planta pudiera haber sido el crear un mecanismo de evasión de éste estrés por temperaturas más elevadas; acortando su ciclo biológico, lo que está en relación con lo planteado por Levitt (1980) de que existen plantas que completan su ciclo de vida antes de que se presenten las condiciones de estrés como una respuesta de evasión al mismo.

Con relación a lo anterior se ha planteado que la fecha de siembra tiene una gran influencia sobre la duración del ciclo biológico de los diferentes cultivares de tomate y que en el período tardío ocurre una reducción del ciclo biológico con relación al período temprano Casanova y Dieguez (1985) y Verde (2000).

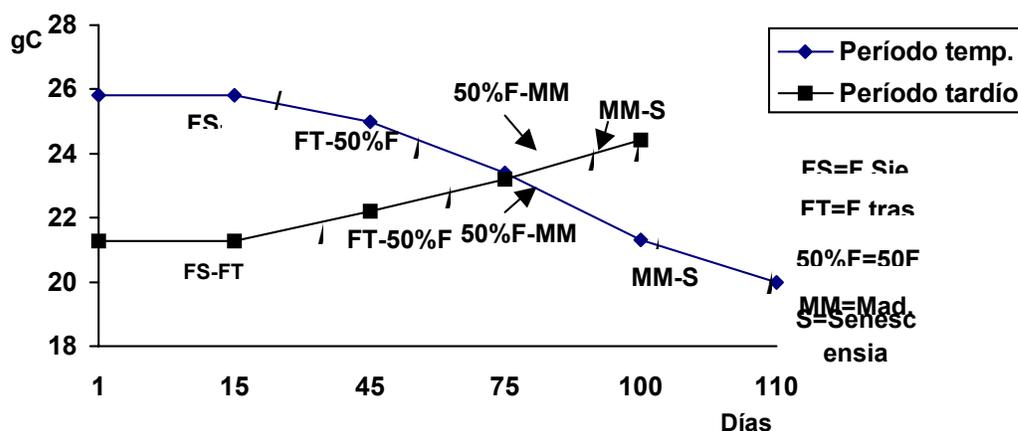


Figura 19. Relación entre la duración del ciclo biológico y la temperatura media mensual en las períodos temprano y tardío

Las primeras fases de la siembra al 50 % de la floración tuvieron una duración de 54 días durante el período temprano con una temperatura de 25gC, lo que provocó que la planta tuviera un buen desarrollo foliar de acuerdo con la planteado por Chamarro (1995) en cuanto a que temperaturas de 25gC son consideradas como óptimos para un buen desarrollo vegetativo, favoreciendo la producción de primordios foliares y reduciendo en 2-3 días la iniciación de la hoja debido a un aumento de fotoasimilados.

Estas fases en el período tardío tuvieron una duración de 62 días con una temperatura promedio de 21gC, esto parece ser lo que provocó que la planta no tuviera un buen desarrollo foliar y que se adelantara la subfase de floración, lo que está en concordancia con Chamarro (1995) quién planteó que cuando las temperaturas son subóptimos puede adelantarse la floración con respecto a las plantas cultivadas a 25gC y al mismo tiempo el número de hojas producido antes de la primera inflorescencia se reduce a casi la mitad.

Además para las condiciones en estudio en esta zona del país en estos meses se presenta el mínimo de iluminación factor este que cuando es disminuido afecta la velocidad de iniciación de la hoja así como induce a un aumento en la elongación de los tallos provocando que los mismos sean más delgados y débiles (Klapwijk, 1981).

Posteriormente la fase reproductiva tuvo una duración de 56 días para el período temprano con una temperatura de 22gC, encontrándose en el rango de la considerada como óptima para esa fase (19-24) (Geisemberg y Stewart 1986) que permitió que el fruto tuviera un buen desarrollo ya que contaba con un buen suministro de fotoasimilatos provenientes de las hojas y de los movilizados a partir de las reservas según Chamarro (1995).

Contrariamente en el período tardío la fase reproductiva se acortó con una duración de 35 días y una temperatura de 24.7gC lo que no permitió el tiempo suficiente para lograr un buen desarrollo del fruto además de que los mismos no contaron con un suministro adecuado de fotoasimilados debido al pobre desarrollo foliar alcanzado en la fase vegetativa.

Todo lo anterior conlleva a que existan diferencias en cuanto al rendimiento en ambas períodos en estudio, debido fundamentalmente a la afectación en el carácter masa promedio de los frutos el cual para el período temprano tuvo un valor de 68.1 g mientras que en el período tardío fue de 65.06 g, observándose claramente un mejor comportamiento y respuesta de la planta durante el período temprano.

Se planteó por Nuez (1995), que tanto el tamaño como el contenido de sólidos solubles del fruto dependen de los fotoasimilatos recibidos de las hojas: así como que en las zonas donde la iluminación es baja al principio de la época del cultivo, la proporción de frutos huecos es elevada y la materia seca del fruto en las primeras recolecciones disminuye.

Casanova (1991) al caracterizar las diferentes fechas o períodos de desarrollo del cultivo del tomate en Cuba planteó que durante el período temprano las temperaturas se comportaban altas al inicio e irían disminuyendo gradualmente por lo que la planta tendría un buen desarrollo vegetativo en un período más corto; mientras que en el período tardío las temperaturas al inicio serían más frescas aumentando gradualmente durante el desarrollo del cultivo, provocando que los rendimientos no fueran favorables.

La influencia que existe del período de siembra sobre el plazo en que ocurren las diferentes fenofases en tomate y las diferencias marcadas en la duración de la

fase reproductiva al ser comparada la misma de mayor a menor en tres períodos de siembra óptimo, tardío y primavera-verano fueron resaltadas por Casanova y Dieguez (1985) y Verde (2000).

Otro elemento a considerar en ambos períodos fueron las precipitaciones ocurridas las que durante el período temprano alcanzaron valores promedios de 226.88 mm mientras que en el período tardío fueron de 107.4 mm aspecto éste que complementado con el riego utilizado pudiera haber influido en el balance hídrico de la planta y durante el desarrollo del fruto ya que se plantea que la velocidad de crecimiento del fruto de tomate depende de la temperatura y el estado hídrico, así como que, algunos frutos disminuyen de tamaño cuando la radiación es elevada, esto ocasiona, unido al estrés hídrico un incremento en la transpiración que reduce la velocidad de crecimiento del fruto sobretodo en horas del mediodía Higgs y Jones (1984); De Koning (1993), Pearce *et al.* (1993) y Ho (1996).

Al respecto, Grange (1993), se refirió a las influencias ambientales a corto plazo (efectos sobre el patrón diario de crecimiento del fruto), planteando que la temperatura influye profundamente sobre los procesos de crecimiento de las plantas, no siendo el crecimiento del fruto una excepción ya que la expansión de éste es el resultado de la acumulación de agua en su pulpa y es probable que el balance hídrico entre el fruto y la planta condicione unido a la temperatura, la velocidad de crecimiento del fruto, al menos cuando se expresa como ganancia de masa fresca.

Hasta aquí se ha realizado el análisis por fases describiendo el efecto que provoca la temperatura sobre el comportamiento de la planta, este efecto se ve ratificado al relacionar la temperatura media que ocurre durante la fase vegetativa con el rendimiento del tomate lo que se puede apreciar en la Figura 20, ya que el mejor ajuste de los datos ($R= 0.92^{**}$) se alcanzó con una función cuadrática, lo cual es indicativo de que a partir de un valor de temperatura determinado los rendimientos comienzan a declinar, este valor máximo se encuentra alrededor de 24.5gC.

Lo encontrado demuestra la importancia de que las diferentes fases del cultivo se desarrollen con niveles de temperatura óptimos para las mismas, además el papel

que tiene un buen desarrollo vegetativo como almacén de sustancias de reserva para un posterior desarrollo del resto de los órganos de la planta que intervienen en el rendimiento final del cultivo.

Las condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo aumentan el número y superficie de la hoja que sostendrán el crecimiento de las inflorescencias y frutos según Chamorro y Nuez (1995), otros autores como (Kuo y Tsai 1984) plantean que cuando las temperaturas resultan elevadas por encima del óptimo durante la fase vegetativa ácido giberélico es afectado, al igual que la auxina.

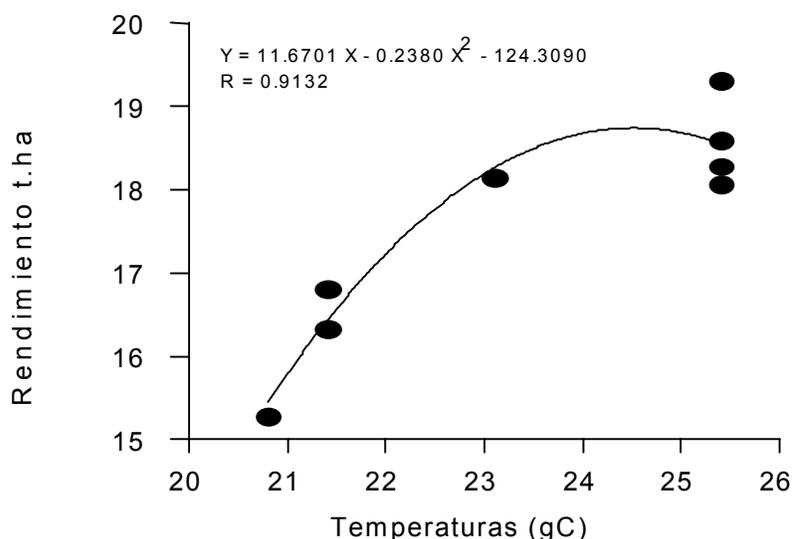


Figura 20. Relación entre la temperatura media de la fase de la siembra al 50 % de floración y el rendimiento

Otro aspecto considerado fue la cantidad de energía que necesita la planta para su desarrollo y una de las maneras indirectas de medir esta energía es mediante la utilización del concepto de unidades térmicas.

En la Tabla 21 aparecen reflejadas, en las condiciones en que se ejecutaron estos experimentos, la cantidad de unidades térmicas que necesita la variedad INCA-17

de trasplante para completar su ciclo, el cual oscila entre 1200-1600gC, así como el acumulado hasta cada fase en cada período de siembra estudiada.

Tabla 21. Unidades térmicas hasta cada fase y ciclo del cultivo para los períodos tempranos y tardíos

Fases	Período temprano (gC)	Período tardío (gC)
Siembra–Trasplante	442.68	383.25
Trasplante- 50 % floración	837.93	729.62
50 % floración–Maduración masiva	1450.22	1086.10
Maduración - senescencia	1537.25	1233.84

Como se observa la cantidad de unidades de calor acumuladas se mantiene para cada fase y ciclo en un rango aproximado con independencia del período de siembra esto resulta lógico ya que lo que varía es el número de días que demora la planta para alcanzar estas unidades de calor dentro de cada fase y período de siembra.

Los resultados hasta aquí expuestos reafirman los encontrados por Torres (1987) quien al relacionar la temperatura media del aire en un rango de 21.3-27.2gC obtuvo que un aumento de esta variable del clima provocaba disminuciones en variables que caracterizaban el desarrollo de las plantas de tomate.

Con respecto a las unidades térmicas Soto (1994) expresó que el conocer el acumulado de unidades térmicas que necesita un cultivo para alcanzar determinado estadio de desarrollo resulta importante pues permite predecir la fecha de recolección, por su parte Jaramillo y Guzmán (1984) plantearon que la suma de unidades térmicas es constante para determinadas fases de desarrollo de la planta siempre y cuando no se presenten condiciones limitantes, como pueden ser las deficiencias de agua, nutrientes o la incidencia de plagas y enfermedades.

Valencia (1998) en estudios realizados en cafeto planteó que el mismo necesita entre $5\ 600 \pm 520$ unidades térmicas desde la siembra hasta la primera recolección. Así mismo, Marrero (1978) reportó, para siembras a partir del 15 de octubre (período óptimo), que el tomate requería en la zona de San José de las Lajas, provincia La Habana, 1984gC desde la siembra hasta la cosecha para un ciclo biológico de 150 días en dependencia de la variedad de tomate utilizada y del método de siembra; estos resultados no coinciden en magnitud con los encontrados en este trabajo, pero se observó que durante el período temprano los valores de temperatura efectiva se encuentran cercanos a los referidos por este autor lo que explica que los rendimientos sean superiores en este período al estar el mismo más próximo al período óptimo.

4.5. Índice Equivalente de la Tierra (IET) e Índice Equivalente de Área x tiempo (IEAT) de la asociación tomate-maíz

Una de las ventajas que se atribuye a los policultivos es la obtención de más de un cultivo por superficie, ya que frecuentemente se puede obtener una mayor producción total en la siembra de una superficie en policultivo, que en una superficie equivalente en monocultivo; por lo que el uso de estas alternativas permite, además, la obtención de mayores ingresos al realizar un uso más racional de la superficie (Dietrich, 1983).

Generalmente es utilizado el IET para valorar la eficiencia agronómica y biológica en una asociación de cultivos, sin embargo este índice no tiene en cuenta el tiempo en que realmente los cultivos se encuentran juntos en la misma superficie por lo que en el caso de los arreglos espaciales en que las siembras se realizan en dos tiempos, se debe utilizar el IEAT, para evitar dichas sobre estimaciones (Hiebsch y Mc Collum, 1987).

En la Tabla 22 se observa que los rendimientos del maíz fueron inferiores en los arreglos espaciales con relación a los obtenidos en el monocultivo en cada

período de siembra debido a la densidad en que se encontraban los mismos en cada arreglo espacial.

Se observó que los rendimientos del maíz fueron superiores en el período temprano con relación al tardío lo que pudiera estar dado por las diferencias que existieron en los dos factores climáticos que mayor influencia presentan en la productividad de este cultivo, teniendo en cuenta lo planteado por López (1991) de que la temperatura determina el área de cultivo del maíz y el agua define su potencial de producción. Este autor sitúa como temperaturas óptimas para la mayor producción del cultivo del maíz las comprendidas entre 23 y 27°C.

Para los períodos analizados estos factores tuvieron el siguiente comportamiento, durante el período tardío la temperatura media del aire tuvo un valor promedio de 24.3°C mientras, que en el período temprano la temperatura media del aire tuvo un valor promedio de 22.28°C, lo que pudiera haber influido en esta diferencia en el rendimiento de ambos períodos de siembra de acuerdo con el óptimo planteado por López (1991).

En cuanto al rendimiento del maíz (Mojena, 1998) en estudios de asociación yuca-maíz, encontró menores rendimientos en el maíz asociado que en el maíz en monocultivo.

Otros autores como Sánchez *et al.* (1990) y Guzmán y Díaz (1996), señalaron que en la medida en que aumenta la población de maíz se incrementan los rendimientos; aspecto este que se vio reflejado en el comportamiento de los arreglos más estrechos 2:1:2 y 2:2:2.

Tabla 22. Índice equivalente de la tierra (IET) e Índice equivalente de área x tiempo (IEAT) para los diferentes arreglos espaciales

Arreglo	Período temprano		IET	IEAT	Período tardío	
espacia	Rendimiento				Rendimiento	
I	Rendimiento				Rendimiento	
	del tomate	del maíz			del tomate	del maíz
	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)			(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)

2:1:2	17.63	8.00	1.8	1.71	15.72	7.30	1.8	1.7
			0				3	3
2:2:2	21.04	7.80	1.8	1.86	20.31	6.06	1.8	1.8
			8				8	7
2:3:2	23.00	7.04	1.9	1.88	21.78	5.72	1.9	1.9
			9				9	1
2:5:2	18.70	5.12	1.5	1.46	16.29	4.16	1.5	1.4
			6				1	1
2:7:2	15.79	4.16	1.2	1.22	15.47	3.38	1.3	1.2
			9				7	7
Mono	18.15	9.60	1.0	1.00	15.61	8.70	1.0	1.0
			0				0	0

Al calcular los IET e IEAT para cada sistema se encontró valores de 1.99 y 1.88 (período temprano) y 1.99 y 1.91 (período tardío) en el arreglo espacial 2:3:2, donde los rendimientos de tomate fueron superiores, reafirmando de esta manera los beneficios del sistema y de lo adecuado del arreglo espacial; el tiempo relativo de siembra y la orientación de las hileras N-S debido a las modificaciones que se producen en el ecosistema desde el punto de vista climático.

Es de destacar que en todos los sistemas de policultivo los índices fueron mayores que 1, ya que aunque en algunos el rendimiento del tomate fue bajo esto se compensó al aumentar las poblaciones de maíz que presentaron rendimientos superiores.

También el utilizar el IEAT permitió eliminar la sobreestimación del IET, encontrándose diferencias de 11 % en el período temprano y de 8 % durante el período tardío el mejor arreglo espacial (2:3:2).

Al respecto Hiebsch y Mc Collum (1987) demostraron en una asociación maíz-frijol la eficiencia del IEAT con respecto al IET al encontrar diferencias entre ellos de un 20 % de sobreestimación en este último con relación al primero al no tener en

cuenta la diferencia en cuanto a la duración de los ciclos biológicos del maíz y el frijol y el tiempo real del intercalamiento.

Queda claro, por tanto, que no sólo desde el punto de vista biológico sino desde el punto de vista de eficiencia agronómica como sistema, en el arreglo espacial 2:3:2 es donde se reúnen las mejores características para producir tomate en períodos temprano y tardío, con rendimiento adicional de maíz; no obstante, un aspecto definitorio lo constituye la valoración económica del sistema con relación a la producción tradicional en monocultivo, la cual debe tenerse en cuenta para la toma de cualquier decisión.

4.6. Evaluación económica

Al analizar los resultados y relacionarlos con los principales indicadores productivos, confirman qué tratamiento puede ser considerado como перспекivo y poder ser recomendada su introducción.

Al hacer la valoración económica (Tabla 23), se evidencia la ventaja del sistema propuesto con relación al testigo (monocultivo), pues hay una ganancia de 6457.73 pesos/ha y 5495.26 pesos/ha en el período temprano y tardío respectivamente. Otro indicador importante, la relación beneficio/costo, reafirma que la asociación tomate-maíz es mucho más económica, pues se logra ganar entre 1.97 y 2.53 pesos por cada peso invertido, mientras que con el monocultivo la relación beneficio/costo está entre 1.02 y 1.19 pesos por cada peso invertido.

Al hacer el análisis del aprovechamiento de la tierra, también se demuestra las bondades del policultivo, pues en una misma superficie de terreno se logra una ganancia de 2.4 veces y 2.2 veces más en período temprano y tardío respectivamente con relación al monocultivo; añadiéndose además lo que significa para el productor desde el punto de vista de diversificación, una producción adicional de maíz, así como los beneficios que implica para la población por la salida al mercado de éstos productos de amplia demanda en un período donde existe déficit de los mismos.

Tabla 23. Evaluación económica

Arreglo espacial	Períodos	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Valor de la producción (\$)	Costo de la producción (\$)	Ganancia	Relación beneficio/costo
2:3:2	Temprano					
Tomate		23.00	6578.0	2549.07	6457.73	2.53
Maíz		7.04	2428.8			
Total			9006.8			
Monocultivo tomate		18.15	5190.9	2204.07	2986.83	1.19
2:3:2	Tardío					
Tomate		21.78	6229.08	2714.12	5495.26	1.97
Maíz		5.7	1980.30			
Total			8209.38			
Monocultivo tomate		15.61	4464.46	2341.05	2123.41	1.02

4.7. Consideraciones generales

A lo largo del trabajo se han venido abordando las bondades del policultivo en relación con el monocultivo cuando el objetivo es producir tomate fuera de su períodos óptimo; desarrollándose una metodología para el análisis e interpretación de estos resultados donde se integran diferentes procedimientos estadísticos-matemáticos, lo cual constituye una novedad teniendo en cuenta la complejidad de estos experimentos; se ha dado respuesta a aspectos tan complejos como las modificaciones de algunos elementos del fitoclima debido a la sombra natural con

cultivos de porte alto y a la orientación de las hileras con respecto a la salida y puesta del sol que se produce en sistemas de asociación y su efecto sobre el rendimiento y sus componentes, así como la posibilidad de mejorar con la utilización de estos sistemas el potencial productivo de variedades de tomate de crecimiento determinado aún con adaptación climática a estas condiciones adversas; se destaca la importancia de la temperatura media del aire como elemento fundamental a tener en cuenta en la duración tanto del ciclo biológico del cultivo del tomate, como de cada una de sus fases en los diferentes períodos de siembra estudiados, comprobándose, además, la eficiencia biológica y económica de los policultivos y sus ventajas, poniendo a disposición de los productores estas alternativas que les redundarán en una seguridad alimentaria con mayores ingresos; otro aspecto no menos importante aunque no fue objetivo de éste trabajo lo constituye la incidencia de plagas y se ha podido comprobar por León (1999) que con el uso de éste sistema propuesto se disminuye la incidencia del complejo mosca blanca-geminivirus al actuar el maíz como barrera física a la vez que se detectó una mayor presencia de enemigos naturales.

Se considera que en el futuro pudieran ser objeto de investigación el uso de la mecanización y el manejo de la nutrición dentro de estos sistemas.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados del presente trabajo se puede arribar a las siguientes conclusiones:

1. La siembra de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate orientadas Norte-Sur y sembrando el maíz 30 días antes del trasplante del tomate, fuera del período óptimo, reduce la radiación incidente en un 25 % y la temperatura del aire en hasta 3gC.
2. Independientemente de la combinación arreglo espacial y tiempo relativo de siembra, cuando las hileras son orientadas Este-Oeste, no hay una reducción ni de la radiación incidente, ni de la temperatura del aire, comportándose la asociación de forma similar al monocultivo de tomate.
3. Se desarrolló una metodología para el análisis e interpretación de los resultados donde se integran diferentes procedimientos estadísticos-matemáticos, lo cual constituye una novedad teniendo en cuenta la complejidad de estos experimentos.
4. La temperatura media del aire, es el elemento climático fundamental en el crecimiento y desarrollo del tomate, encontrándose, en las condiciones en que se desarrollaron estos trabajos, que por encima de los 24.5gC comienzan a declinar los rendimientos de la variedad INCA-17.
5. El acumulado de temperatura efectiva que necesita la variedad INCA-17 para completar su ciclo biológico se sitúa en un rango de 1200-1600gC.
6. El ciclo biológico presentó diferencias en su duración de una época con respecto a la otra, siendo la misma mas marcada en la fase reproductiva debido a la temperatura media ocurrida , durante esa fase, acortándose la misma en la época tardía en 21 días con respecto a la época temprana.
7. Las densidades de fitófagos y el número de plantas con síntomas de virosis fueron, por lo general, mayores en los monocultivos de tomate que en los

asocios de tomate-maíz. Se observó un mayor número de enemigos naturales en los socios que en los monocultivos.

8. Los socios fueron, desde el punto de vista de la biodiversidad y las densidades poblacionales, más diversos, estables y equilibrados que los monocultivos.
9. Se detectó un efecto de las variedades sobre la presencia de síntomas de enfermedades virales y sobre las densidades poblacionales de fitófagos y enemigos naturales especialistas, no siendo así en el caso de los generalistas. En cuanto a los indicadores ecológicos de biodiversidad, no se detectaron diferencias varietales de importancia.
10. Se comprobó el efecto estimulador que ejerce el *Azospirillum lipoferum* sobre los parámetros altura de la plántula, diámetro del tallo, longitud radical y peso fresco y seco de las plántulas.
11. En la combinación de *Azospirillum lipoferum* con 75 Kg de N.ha⁻¹ fue donde se alcanzaron los mejores resultados con una disminución del fertilizante nitrogenado en 45 Kg N.ha⁻¹.
12. El Índice Equivalente de Área x Tiempo (IEAT) resultó más conveniente que el Índice Equivalente de la Tierra (IET) para evaluar la eficiencia en sistemas de policultivos cuya siembra sea en dos tiempos, obteniéndose en el sistema propuesto valores de 1,88 en la época temprana y 1.91 en la época tardía.
13. Se comprobó que aún para variedades adaptadas climáticamente es válida la aplicación del sistema alcanzándose rendimientos de tomate que oscilan entre 21.78 y 23.00 t.ha⁻¹ y rendimientos adicionales de maíz tierno de 5.72 y 7.04 t.ha⁻¹ para los períodos tardío y temprano que permite incrementar la producción total del sistema así como mejorar la calidad de los frutos del cultivo del tomate.

6. RECOMENDACIONES

1. Para producir tomate fuera del periodo óptimo la radiación incidente debe ser reducida en un 25 % y la temperatura del aire en no menos de 3gC.
2. Utilizar el sistema de policultivo dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante y las hileras orientadas N-S, como una alternativa para producir tomate fuera del periodo optimo.
3. Se debe considerar la temperatura media del aire, durante la fase reproductiva teniendo en cuenta que por encima de 24.5gC los rendimientos se deprimen.
4. Utilizar la metodología para la interpretación de los resultados desarrollada en esta tesis en aquellos trabajos donde se estudien sistemas de policultivos.
5. Cuando se trabaje en asociaciones de cultivo cuyas siembras se realicen en dos tiempos utilizar el IEAT para evaluar la eficiencia del sistema.
6. Continuar los estudios de ciclo biológico y fases fenológicas en el cultivo del tomate y su relación con la temperatura del aire en las diferentes fechas de siembra y sistemas de cultivo.
7. Continuar el estudio comparativo de las densidades de fitófagos y enemigos naturales, así como de la biodiversidad en los sistemas de asocio tomate-maíz y monocultivo de tomate.
8. Realizar un inventario cabal de los enemigos naturales que actúan en el cultivo del tomate asociado con maíz y estudiar las condiciones ecológicas más idóneas para su desarrollo, de manera tal que se propicie con esta base, el diseño de socios funcionalmente más eficientes desde el punto de vista del control biológico conservacionista.
9. Que esta tesis constituya un material de consulta para estudiantes de pre y posgrado en los Ministerios de Educación y Educación Superior.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abdul-Baki, A. A. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:1113-1116. 1991.
- Adelana, B. O. Evaluation of maize-tomato mixe cropping in sonth-western Nigeria. *Indian Journal Agric Sci.* 54(7):564-9, 1984.
- Alvarez, Marta y Verena Torres. Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en un grupo de variedades e híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales.* 64(4):747-758. 1984
- Alvarez, Marta. Variedad de tomate INCA-17. *Cultivos Tropicales.* 17(2):81-82. 1996.
- Alvarez, Marta; González, María E. y González, María C. Selección de líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para siembras de primavera. *Cultivos Tropicales,* 15(2) 57-59. 1993.
- Anaïs, G., M. Clairon, F. Doudet, A. kermarrec y P. Daly. La tomate aux antilles. INRA-Centre de Recherches Agronomiques des antilles et de la Guyane. Monographie pour le développement local. 1981. 30 p.
- Anderson, J., Mc. Collum, G. Y. Robert, W. High Tempeture Acclimation in pepper leaves, *Hortscience.* 25(10):1272-1274, 1990.
- Arola, J. E.; Godínez, R. y Doñan, M. Efecto del asocio tomate-maíz para el control de *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans* en el valle de Lapatitan. PCCMCA. IIAP. 345p. 1991.
- Arora, S. K.; Pandela, M. L. y Kirtisingh, K. Study on the performance of tomato vareties under high temperture conditions. Haryana Agric. Univ. J. Rtes. Vol. XII, No. 3. Pp 386-397 (1983).
- Ascencio, G.; C. Ortiz y E. Ojeda. Predicción de la fisiología del cultivar Júpiter de soya (*Glycine max* L Merill) en el sur de Tamaulipas. *Agrociencias. Serie Agua-Suelo-Clima.* 2(2):115. 1991.
- Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Meteorología. La Habana. 1961.
- AVRDC, Annual Report 1991.

- AVRDC, Annual Report 1992.
- AVRDC, Annual Report 1993.
- AVRDC. Progress Report, 1993.
- AVRDC. Progress Report, 1994.
- Azzi, G. Ecología Agraria. Ed. Revolucionaria, La Habana. Cuba. 449p. 1971.
- Bakker, J. C. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal Hort. Sci.*, 1990, vol 65, no.3, p. 323-331.
- Barush, L. y Fisher, M. J. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencias y enfoques de la investigación, Red de investigación y evolución de pastos tropicales. CIAT, Colombia, 1991, pp. 103-142.
- Bose, A y Ghosh, B. Responses of photosynthetic apparatus in rice cultivars under thermal stress. *Photosynthetics*. No. 31:625-630. 1995.
- Casanova, A. Conferencia en encuentro de productores. Liliana Dimitrova. La Habana. 1994.
- Casanova, A. El cultivo protegido de hortaliza en Cuba. Conferencia impartida en el Centro Iberoamericano de formación. Antigua, Guatemala. 1998.
- Casanova, A. El manejo del cultivo del tomate Documento Técnico Informativo. /A Casanova. La Habana. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" 1991.
- Casanova, A. y J. Dieguez. Influencia del cultivar, el esquema floral, y la fecha de siembra sobre la duración del ciclo vegetativo del tomate. *Ciencia y Técnica de la Agricultura*, 1985, Vol. 4. No.1 p 7-20.
- Castillo, Gladys /et al./.. Tecnología para la producción de café en México. INIFAP. Folleto Técnico No. 8. 2da. Reimpresión. Abril 1997. 90p.
- CATIE. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo del tomate. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 138 p. 1990.

- Chamarro, J. Anatomía y Fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 1995.
- CIP. Informe Anual. 1992.
- Creach, R. I. Rotación e intercalamientos de cultivos económicos de ciclo corto en la caña de azúcar (*Saccharum* spp). Tesis de oposición al grado de doctor en Ciencias Agrícolas. MINAZ, 1992.
- Cristóbal, R., M. Cabrera y C. Díaz. Comportamiento del crecimiento de tres variedades de tomate al recrudescerle la radiación solar. Evento Científico, Minagri. La Habana. Cuba. 1997.
- Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. F.; González-Fernández, J. J. Estreses abióticos. En: Nuez, F. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y Mexico. 351-384 pp. 1995.
- Cuba, , Minagri. Instructivo Técnico para el cultivo del tomate. Folleto, 1984.
- Cuba, Minagri, Datos sobre la producción Nacional de tomate, 1996.
- Cuba, Minagri. Cartas Tecnológicas para los cultivos del tomate y el maíz. La Habana. 1990 y 1992.
- Cuba, Minagri. Instructivo Técnico del cultivo del maíz. La Habana. Cuba. 1992.
- Cuba, Minagri. Listado oficial de precios de Acopio. La Habana. 1995.
- Cuba, Minagri. Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del tomate. La Habana. 1999.
- Daly, J. Influence du climat tropical sur le développement et la fructification des tomates. Seminaire sur les Cultures Maraicheres en Afrique de l'ouest. Ibgadam: IRAT-IITA, 1971, 10 p.
- De Armas, V. R Ortega y Rosa Rodés. Fisiología Vegetal .Ed pueblo y Educación. 325 pp. 1988.
- De Koning, A. N. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. PhD. Thesis, Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 1993.
- Debele, T. Varietal combination and plant density for maize/haricot bean intercrops systems on black vertisols of the South_East of Zimbawe. Proceeding of the Eastern and Southern Africa. Regional Maize Conference. 1997.

- Dell'Amico, J.; D. Morales; W. Torres; D. Lara y J. L. Alfonso. Efecto de diferentes normas de riego sobre el cultivo del tomate. II. Indicadores de las relaciones hídricas y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales* 16(1):28-32. 1995
- Dell'Amico, J.; E. Jerez; D. Morales y J.L. Alfonso. Efecto de diferentes normas de riego sobre el cultivo del tomate. III. Variables de crecimiento de las plantas. *Cultivos Tropicales* 16(3):32-35. 1995.
- Dell'Amico, J. E. Jerez y D. Morales. Efecto de diferentes normas de riego sobre el cultivo del tomate. I. Dinámica de la humedad del suelo, rendimiento y calidad interna de los frutos. *Cultivos Tropicales*. 12 (2):33-38, 1991.
- Díaz, W. Manejo de plantaciones de cafetos *Coffea arabica* L. Var. "Caturra", en especial: la poda y la sombra. /W. Diaz. Hernández. Sara L. Cortés, tutor.- Tesis de grado (Dr. Ciencias Agrícolas), INCA, La Habana, 1990.
- Dietrich, L. Yuca en cultivos asociados: Manejo y evaluación. CIAT. Colombia. 83 pp. 1983.
- Dominí, Ma. Elena; María de los A. Pino y M. Bertolí. Comportamiento de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) para siembras de primavera. *Cultivos Tropicales*, Vol. 15 (2) p:57-59, 1994.
- Dominí, María E. y C. Moya. Estimados de correlaciones y coeficientes de sendero en diferentes períodos de siembra en el cultivo del tomate. *Cultivos Tropicales*. 18(3):63-65. 1997.
- Dominí, María E.. Nueva estructura varietal del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) para diferentes períodos de siembra. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. UNAH. La Habana. 1996.
- FAO. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma. 44p. 1996.
- FAO. Guía de bolsillo para extensionistas . Colección FAO. Fomento de Tierras y Aguas. No. 8 3ra ed. Roma. 54p. 1980.
- FAO. Producción, Poscosecha, procesamiento y Comercialización de ajo, cebolla y tomate, 413pp. 1992.

- Fender, S. E. y O'Connell, M. A. Expression of the heat shock response in a tomato interespecific hybrid is not intermediate between the two parental responses. *Plant. Physiology*, 93:1140-1146, 1990.
- Fernández-Muñoz, R. Effects of temperature and irradiance on stigma exertion, ovule viability and embryo development in tomato. *J. Hort. Sci.* 66:395, 1991.
- Fi, J. Y. Pivovarov, V. F. Influencia de la radiación solar y la temperatura sobre la asimilación neta en dos variedades de tomate. *Ciencia y Técnica de la Agricultura*. 24:47-54, 1985.
- Florido, Marilyn. Caracterización de variedades y especies silvestres de tomate atendiendo a características morfo-bioquímicas y tolerancia al calor. Tesis de maestría en Biología Vegetal. Universidad de La Habana. 1999.
- Gautman, S. R. y Niraula, N. B. Results of vegetable research conducted at low altitude. Patle Khola. *Pakhribas Agricultural Centre*. No. 135. 1990.
- Geisemberg, C y K. Stewart. Field crop management in Atherton, J.G y J. Rudish. The tomato crop: a scientific basis for improvement. Chapman and Hall. London. New York. 1986. p. 513.
- Geisemberg, C. y K. Stewart. Field crop management in Atherton, J. C. y J. Rudish. The Tomato Crop: A scientific basis for improvement. Chapman and Hall. London. New York, 1986, p. 513.
- Gent, M. P. Carbohydrate level and growth of tomato plants. I. The effects of carbon dioxide enrichment and diurnally fluctuating temperatures. *Plant. Physiology*, 76:694-699. 1990.
- Geraund, F. Chirinos, D. y Martin, M. Desarrollo de la planta de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill cv. Río Grande en la zona de Río Limón del estado de Zulia, Venezuela. II. Índice de crecimiento relativo, razón del peso foliar. *Rev. Fac. Agron.* 1995, Vol. 12(1) p. 15-23.
- Gómez, O; B. Baldy y J.C. Hernández. Resultados del programa de mejoramiento del tomate. Segunda etapa. *Agrotecnia de Cuba*. 15(1): 117-123. 1983.
- Gómez, Olimpia, y T. Depestre. Mejoramiento genético de hortalizas en condiciones tropicales. En: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ojo, cebolla y tomate, 1992, 143-61.

- Gómez, Olimpia. Resultados del mejoramiento del tomate *Lycopersicon esculentum*, Mill)por introducción y cruzamientos y parámetros genéticos. /O. Gómez, Juan Pérez, tutor –Tesis de grado (Dr. en Ciencias Agrícolas) Villa Clara. Universidad Central de las Villas, 1987, 47p.
- Gómez, Olimpia; A. Casanova; H. Laterrot y G. Anais. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. Cuba. 2000. 159p.
- Gómez, Olimpia; J. C. Hernández y F. Pau. Efecto del tapado sobre la producción de tomate en primavera. *Ciencia yTécnica de la Agricultura*. 9(1):31-38, 1990.
- González, Gloria. Virus del encrespamiento amarillo de la hoja de tomate (TYLCV) en Cuba. Caracterización, incidencia y elementos de lucha para el programa de manejo integrado en el cultivo del tomate. Tesis de Doctorado en Ciencias agrícolas. La Habana. 1995.
- González, María C. Informe de nuevas variedades INCA 9(1) nueva variedad de tomate para diferentes períodos de siembra. *Cultivos Tropicales*. vol. 18 (1) pp. 82, 1997.
- Grange, R. I. Crecimiento del fruto. En: Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Mc. Grill. España. 570p. 1993.
- Gull, G. /et al./ Quality of Florida fresh market tomato genotypes as effected by location of production. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 97:140-142. 1989.
- Guzmán, J. La asociación de cultivos como alternativas para la agricultura cubana. I.curso taller sistemas de cultivos múltiples Liliana Dimitrova. La Habana. 1995.
- Guzmán, J. y Díaz, P. Estudio sobre la competencia entre malas hierbas y el maíz. Men. An. Univ. Central, Las Villas. 1996.
- Hernández, A. /et al./ Nueva clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. MINAGRI. 1995.
- Hernández, A. Evaluación de genotipos de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en un sistema policultural. Tesis de maestría en agroecología y agricultura Sostenible. UNAH, La Habana. 1998.

- Hernández, A. Posibilidades de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en los sistemas de cultivo múltiples. I Curso-Taller "Sistemas de cultivos múltiples" Lilibiana Dimitrova. La Habana. 1995.
- Hernández, G. Zonificación de las necesidades de aguas para el cultivo del tomate en Cuba. Tesis de Maestría en la especialidad de riego y Drenaje. /Tutor .María León. IIRD, 1998, 65p.
- Hewitt, S. P. y P. F. Curtis. The effects of temperature on the loss of dry matter and carbohydrates from leaves by respirations and translocations. *Am. J. Bot.* 35:746-755, 1948.
- Hiebsch, C. K. y Mc Collum, R. E. Area x time equivalency ratio: a method for evaluating the productivity of intercrops. *Agronomy Journal*, 79:15-22. 1995.
- Higgs, K. H. y Jones, H. G. A microcomputer-based system for continuous measurements and recording fruit diameter in relation to environmental factors. *Journal of Experimental Botany*, 1984.
- Ho, L. C. Tomato. Photo assimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationship. Marcel Dekker, Inc. 1996.
- Holder, Rachel y Cockshull, K. E. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 65(1) 31-39. 1990.
- Hurd, R. G. y G. F. Shcard. The biological aspect. Growers Books, London, 1981.
- Jaramillo, A. y O. Guzmán. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L. Variedad Caturra, *Cenicafé*, 35 (3):57-65, 1984.
- Kalboane, M. K. A non-conventional method of support for tomato plants (*Lycopersicon esculentum*). *Acta Horticultural*. No. 153:123-126. 1985.
- Klapwijk, D. Effect of season on early tomato growth and development rates. *Neth. J. Agric, Sci*, 29: 179-188. 1981.
- Köppen, W. Climatología. Ed. Fondo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. 1907. 466pp.
- Kostin, S. I y T. V. Pobrovskaya. Climatología. Ed. Hidromet. Leningrado. 1953. 427pp.
- Kulicov, V. A. y G. V. Rudnev. Agrometeorología tropical. Ed. Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 1980.

- Kuo, C. G. y Tsai, C. T. Alternation by high temperature of auxin and gibberellin concentrations in the floral buds, flowers, and young fruit of tomatoes. *Hort. Science* 19(6):870-872, 1984.
- Lecha, L y Aida Campos. El régimen de radiación solar y sus efectos sobre Cuba. En: El clima de Cuba. Ed. Academia. La Habana. 1994. 10pp
- Lecha, L.; L. Paz y B. Lapaniel. El clima de Cuba. Ed. Academia. La Habana. 1994. 186pp.
- Le-Minh-Hong. Estudio del comportamiento de un grupo de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en siembras de primavera e invierno. Trabajo de Diploma. ISCAH. 1987.
- León, A. Evaluación de fluctuaciones poblacionales e índices ecológicos de insectos nocivos y beneficiosos en tres variedades de tomate asociadas con maíz. Tesis en opción al título de Master en Producción Vegetal. UNAH, La Habana. 1999.
- Levitt, J. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. 2nd ed. Academic Press, New York. 1980.
- Leyva, A. Las asociaciones y rotaciones de cultivos. Informe. Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. La Habana. 1992.
- Leyva, A. Problemática y posibilidades de utilización del cultivo de la soya en áreas que se dedican a la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*. Reseña (Boletín) No. 1. La Habana, 20 p. 1987.
- Liebman, M. Sistemas de Policultivos. Agroecología y Agricultura sostenible. Curso de diplomado de postgrado, Módulo 2. Diseño y Manejo de sistema Agrícola sostenible. Ed. CLADES-CEAS-ISCAH y ACAO. La Habana, pp. 139, 1997.
- López-Bellido, C. Cultivos herbáceos. Vol. 1. *Cereales*. 1991. 500p.
- Macool, P. .M.; J. H. Menge y O. C. Taylor. Effect of Ozone injury light stress on response of tomato to infection by tj vesicular arbuscular mycorrhizan fungus (*Thomus fassiculatus*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (Alexandria) 107(5):839-842, 1982.

- Maroto, J. V. B. Horticultura Herbácea Especial. 3^{ra} Ed. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, España, 1992-568p.
- Marrero, P. Estudio del comportamiento de cuatro variedades de tomate en invierno y verano, en condiciones naturales. I. Número de flores y abortos. *Agrotécnia de Cuba*. 15(1): 77-78, 1983.
- Marrero, P. Influencia de algunos factores ecológicos sobre el crecimiento y desarrollo del tomate. Monografía. UNAH, La Habana. 1986.
- Marrero, P. Influencia de la temperatura y la luz sobre el crecimiento y desarrollo del tomate. Boletín de Reseñas: Viandas, Hortalizas y Granos, CIDA, 1. 1978.
- Mattheus, P. R., E. E. Elemer y G. O. Thomas. Photosynthesis at night temperature in tuber-bearing solanum species. *Plant Physiology*, 93(2):791-797. 1990.
- Mattheus, R. B.; Saffell, R. A. Azam-Ali, S. N. Pescock, J. M. y William J. H. Plant growth. And development in relation to the fitoclimate of a sorghum/ groundnut intercrop. *Agric. For. Meteorolo* 53-283-301. 1991.
- Menezes dos Santos, J. R. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. FAO. 1992.
- Midmore, D. J. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics. Intercropping with maize and the influence of shade on potato microenvironment and crop. *Field Crops Research*. Vol. 25(18) pp.141-157, 1988.
- Midmore, D. J. Scientific basis and scope for further improvement of intercropping with potato in the tropics. *Field Crop Research*. Vol. 25(1-2): 3-24. 1990.
- Midmore, D. J.; J. C. Foorm y M. H. Wu. Management of moisture and heat stress for tomato and hot pepper production in the tropics. In: 6.C Kuo (ed) adaptation of food crops to temperature and water stress. *Proc. Int. Conf.* (Taiwan 13-18 ang. 1992), pp 452-460.
- Mohamed, A. Effect of ridge direction and plant orientation on potato growth and yield. *Agricultural Research Corporation*. 1990.
- Mojena, M. Arreglos espaciales y cultivos asociados en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Modificaciones en algunas variables del ecosistema y su influencia en los rendimientos totales. /M. Mojena, Dr. C. M. Bertolí, tutor.- La Habana, 1998.

- Moore, E. P. y W. O. Thomas. Some effects of shadings and paraonophenoxy acid on fruit fultries of tomatoes. *Amer. Soc. Hort. Sci.* (Alexandria) 60:289-294, 1986.
- Morales C. *et al.*. Caracterización de un grupo de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para consumo fresco. *Cultivos Tropicales*, 18(1): 66-70.1997.
- Moreno, Irene *et al.*. El maíz (*Zea mays*) como cultivo asociado a la papa en condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*. 16(3) p 61-63. 1995.
- Moreno, Irene *et. al.*. El quimbombó (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) como cultivo asociado a la papa en condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales* 16(2):48-50, 1995.
- Moya, C. Estimaciones de parámetros genético-estadísticos en tres grupos diferentes de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivadas en organopónico. *Cultivos Tropicales*, 17(3):67-71, 1996.
- Moya, C. *et al.*. Selección de progenitores, estimados de repetibilidad y correlaciones en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de organopónico. *Cultivos Tropicales*. 16(2):79-83. 1995.
- Nagel, D. Commercial production of tomatoes in Mississippi. Mississippi State University. Cooperative Extension Service (USA) No. 1514. Estados Unidos. 1995.
- Nardlund, D. A.; Chalfant, R. B. y Lewis, W. J. Antropod populations, yiear ad damage in monoculture ad policultures of corn bions ad tomato. *Agriculture, Ecosystems ad Environments*, 11:4. 1984.
- Nguyen, X. y Mazliak, P. Chidling injury is accompanied by agactolipid degradation in tomato pericarp. *Plant Phisiology and Biochemistry* (Paris), 28(2):283-291, 1990.
- Nobel, P. S. Biophysical plant physiology and ecology. Treeman, Salt Lake City, Utah. 1983. 608pp.
- Nonhebel, S. Inaccuracies in weather data and their effects on crop growth simulations results. II water limited production. *Climate Research*, 4:61-74. 1994.

- Nuez, F. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-prensa. España. 793pp. 1995.
- Nyakatawa, E. Z. y Kamba, E. Productivity of maize and cowpea solecrop and intercrop systems on black vertisols. *Hort. Science*, 24(2), 1997.
- Organización Meteorológica Mundial. Vocabulario Meteorológico Internacional. En O.M.M. No. 182, TP 91, Ginebra, Suiza, 398pp.1966.
- Pallas, J. E. y Y. B. Samish. Photosynthetic. Response of peanut. *Crop. Science* (Madison) 14:478-482, 1974.
- Pastenes, C y Horton, P. Effects of high temperature on photosynthesis in beans. II. CO₂ assimilations and metabolite contents. *Plant Physiology*, 112:1253-1260. 1996.
- Pastenes, C. y Horton, P. Effects of high temperature on photosynthesis in beans. I. Oxygen evolutions and chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology*. 112:1245-1251. 1996.
- Pearce, B. D., Goange, R. I. y Hardwick, K. The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit growth in controlled environments. *Journal of Horticultural Science*. 1993.
- Pedro, M. J. *et al.*. Caracterização fenológica da videira "Niagara Rosada" em diferentes regiões paulistas. *Bragantia*, 1993, Vol. 52, No.2, p. 153-160.
- Pérez, A. Regulación biótica de fitófagos en sistemas integrados de agricultura-ganadería. Tesis en opción al título de maestro en Ciencias en la Especialidad de Agroecología y Agricultura Sostenible. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. 87p. 1998.
- Pérez, Adriana, Florido, R. y Caballero, A. Sistema para el manejo y recuperación de la información meteorológica (SIMRIM). *Cultivos Tropicales*. 19(1), p. 65-66, 1998.
- Pérez, E. Algunas características microclimáticas en un campo de tabaco tapado. Instituto de Meteorología. La Habana. 1982.
- Peréz, L. y Migdalia Hernández. El maní (*Arachis hypogaea*) como alternativa promotora de cultivo antecedente y asociado a plantaciones cañeras en condiciones de Agricultura natural. Programa y resúmenes. 1 encuentro Nac de agricultura orgánica. ICA. La Habana. . 1993.

- Pertenelli, L. A.; Cardoso, A. A.; Cruz, C. D.; Veira, C. y Furtado, M. R. Heredabilidades e correlacoes do feijao e seus componentes primarios, no momnocultivo e no consosrcio con milho. *Revista CERES*. 41(235):306-316, 1994.
- Pino, María de los A. /et al./ Cultivos asociados como protectores para el tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) plantado fuera del periodo optimo. I. Utilizacion del quimbombó (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Cultivos Tropicales*, 14(2-3), 1993.
- Pires de Mattos, P. L. Consorsiao de madioca com otras culturas, VIII curso intensivo nacional de mandioca. Cruz dos al mas. Bahia. MARA-EMBRAPA-CNPMF: 1-48, 1993.
- Plana, L; Surís, Moraima; Pino, María de los A. y Quintana, E. Incidencia de la *Bemisia tabaci* (Guennadius) en tomate asociado a maíz como cultivo protector en época no óptima. *Revista Protección Vegetal*. 10(2):129-132. 1993.
- Quintero, P. L. Evaluación de algunas asociaciones de cultivo en la cooperativa Gilberto León de la provincia La Habana. Tesis en opción al título academico de Mástes en Agroecología y Agricultura Sostenible. /P. L. Quintero. Dr. C. Luis García, tutor. La Habana. 1999.
- Rey, R. A y L. O de la Hoz. Manual de Régimen de riego de los principales cultivos de Cuba. Ed. Orbe. Ciudad Habana. Cuba. 394pp.1979.
- Robert, A.; C. F. Theodore y H. L. Wayner. Factors affecting photosynthesis, productivity and yield. *Hort. Sci. (Asford)*, 23(1):33, 1988.
- Rodríguez, L. A. /et al./ Niveles óptimos de radiación solar y su relación con el crecimiento vegetativo, desarrollo foliar y la productividad del cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cultivos Tropicales* 20(4) p 45-49. 1998.
- Rosset, P. Evaluación y validación del sistema de policultivo de tomate y frijol como componente de un programa de manejo integrado de plantas de tomate en Nicaragua. *Turrialba*, Vol. 37(1), pp. 85, 1985.
- Rosset, P. y Benjamin, M. Dos pasos atrás, un paso al frente una experiencia nacional en Cuba con la Agricultura orgánica. Global exchange 2017 missin st.. Rm 303, San Francisco pp 58-59, 1994.

- Rudich, J.; Zamski, F. y Regev, Y. Genotypic variation for sensitivity for high temperature in tomato: pollination and fruit set. *Bot. Gaz.*, 138:448-452.1977.
- Ruiz, J. A. *et al.*. Caracterización fenológica del guayabo (*Psidium guajaba* L) Agrotecnia Serie Agua-Suelo-Clima 3(2) 1992.
- Rylski, I.; Sagi, A. y Fuchs, M. Influence of solar radiation intensity (SRI) on flowering, fruit set and fruit development in tomatoes. Pamphlet, *Volcani Center* No. 208 77pp. 1979.
- Sadi, S. *et al.*. Modeling the occurrence of reproductive stage after flowering. *Agrom. Journal*. Vol. 86, p. 31-38, 1994.
- Sam, Ofelia y L. Iglesias. Caracterización del proceso de floración-fructificación en variedades de tomate en dos períodos de siembra. *Cultivos Tropicales*, 15(2), 1994.
- Sam, Ofelia y L. Iglesias. La floración-fructificación de plantas de cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sembradas en dos períodos. *Cultivos Tropicales*, 14(2-3):64-70, 1993.
- Sánchez, E. *et al.*. Densidad de población de plantas en variedades promisorias de maíz. Estación Exptal. De Granos "El Tomeguín". Alquizar, 1990.
- Santos, M. A.; M. V. Torres-Ojito y P. R. Alvarez. Intensificación del cultivo del mango (*Mangifera indica* (L.) a través de cultivos asociados. Programa y Resúmenes del VIII Seminario Científico del INCA. La Habana. 1992.
- Sassenrath, G. F. y D. R. Ort. The relationship between inhibition of photosynthesis at low temperature and the inhibition of photosynthesis after rewarming in chill-sensitive tomato. *Plant Physiology and Biochemistry* (Paris), 28(4): 457-465. 1990.
- Sawhney, V. K y P. L. Palowick. Fruit development in tomato: The role of temperature. *Can. J. Bot.* (Ottawa) 63:1031-1034. 1985
- Sawhney, V. K y P. L. Palowick. Fruit development in tomato: The role of temperature. *Can. J. Bot.* (Ottawa) 63:1031-1034. 1985
- Seguí, M. y U. S. Morozov. (en prensa): Los días nublados y los días despejados en Cuba. En: Cien. ETR. Esp. La Habana.1983.

- Seguí, M. y U. S. Morozov. (en prensa): Los días nublados y los días despejados en Cuba. En: Cien. ETR. Esp. La Habana.
- Sosa, J. /et al./ Modificación microclimática en el cultivo del tomate bajo condiciones de sombreo artificial. Informe preliminar del período no óptimo de siembra. Instituto de Meteorología. La Habana. 1992.
- Soto, F. Crecimiento de posturas de cafetos (*Coffea arabica* L) influido por diferentes condiciones de aviveramiento. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 1994.
- Steel, R. G. y Torrie, I. H. Bioestadística: principios y procedimientos. Mc. Graw Hill. Interamericana. México, S.A. 1988. 740p.
- Stevens, M. A. y R. Jhoshua. Genetic potential for overcoming physiological limitation on adaptability yield and quality in the tomato. *Hort. Sciences*, 13(6)673-678, 1978.
- Stigter, C. J. Application of fitoclimate management and manipulation techniques in low external input agriculture. CagM Report No. 43 WMO/TD-No.499, World Meteorological Organization, Geneva, 192 pp. 1992.
- Stigter, C. J. Traditional use of shade a method of fitoclimate manipulation. *Archives for meteoroly geophysic and bioclimatology*. No. 34, pp 203-210. 1984.
- Taiz, L. y Zeiger. *Plant Physiology*. Ed. Publishing Company. 1998.
- Takakov, G. I. /et al./ Methods of increasing fruit set in tomato under high temperature conditions. Sel Akad.I. *Timirjaseva* (Moscú). 123-129, 1980.
- Terry, Elein; María de los A. Pino y Medina, N. Efectividad Agronómica de Azofert y Ecomic en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales* 19(3):33-37, 1998.
- Torres, W. Análisis del crecimiento de las plantas. /N. W. Torres, La Habana : INCA, 1984.-Reseña.
- Torres, W. Desarrollo del cultivo del tomate (*L. esculentum*, Mill) plantado en dos períodos del año). *Cultivos Tropicales*, 9(7): 67, 1987.
- Treto, Eolia /et al./ Algunos resultados del proyecto SANE-PNUD en Cuba (1995-1997). Conferencia en Taller Nacional "Producción Agroecológica de cultivos alimenticios en condiciones tropicvales". IIHLD. La Habana. 1997.

- Valencia, A. G. Manual de nutrición y Fertilización del café. 1998.
- Vandermeer, J. Los policultivos. La teoría y evidencia de su factibilidad. Department of biology University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, EUA, 1995.
- Varela, M. Análisis Multivariado de datos. Aplicación a las Ciencias Agrícolas. /M. Varela.- La Habana: INCA, 1998. 56p.
- Vázquez, L. L; Murguido, C. A; González, G. A y Gómez, Olimpia. Alternativas para el manejo integrado del patosistema mosca blanca – geminivirus en tomate. *Boletín Técnico*. No.1. INISAV. 32pp. 1996
- Velázquez, R. /et al./ Evaluación del período de crecimiento climático y su relación con la producción de maíz (*Zea mays* L.) en el sureste del estado de Tlaxcala, México. 1(2), p 151-172. Agrociencia Serie Agua-Suelo-Clima. 1990.
- Venegas, V. R; Sian, G. G. Conceptos, Principios y Fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. *Agroecología y Desarrollo*. No.7pp 15-27. CLADES. Santiago de Chile. 1994.
- Verde, Gladys y Marta Alvarez. Efecto del estrés de altas temperaturas sobre la germinación in vitro del polen de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales* 15(1):61-65, 1994.
- Verde, Gladys. Ciclo biológico y fases fenológicas en el cultivo del tomate. Tesis de Maestría. ISCAH. 2000.
- Villareal, R. L. Un cultivo mundial: tomate. /R. L. Villareal San José: IICA, 1982.- 184 p.
- Whiteman, R. C. Climatic factors affecting pastures growth and yield. En: Tropical Pastures Sciences. Ed. Oxford University press. 1998. 329pp.
- Willey, R. W. Intercropping, its importance and research needs I. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstract*, 32:1-20. 1979.
- Willey, R. W. Resource use in intercropping systems Agriculture. *Water Manage*. 17:215-231, 1990.
- Wilsie, C. P. Cultivos: Aclimatación y Distribución. Ed. Revolucionaria. Instituto del Libro. La Habana. Cuba. 491 p. 1968.