# RESPUESTAS MORFOLOGICAS Y FISIOLOGICAS DE *Amaranthus hypochondriacus* L. BAJO TRES NIVELES DE HUMEDAD APROVECHABLE

**De la Cruz Guzmán, G. H.; A. Arriaga Frías.**

**Universidad Nacional Autónoma de México, Campus-Iztacala.**

RESUMEN. Se manejaron tres diferentes niveles de humedad (100, 60 y 20%) en *A. hypochondriacus* clave 32c1133-6 INIFAP. Todas las unidades experimentales se mantuvieron en su capacidad de campo durante 40 días. Desde ese día en adelante, se tomaron un total de cinco mediciones comenzando cada décimo día y en las cuales se evaluaron y registraron variables morfológicas y fisiológicas.

Los resultados mostraron que el área foliar es directamente proporcional en 60 y 100% de humedad aprovechable con respecto a peso seco acumulado. La medición de potencial hídrico no mostró diferencias significativas entre el testigo y 60% de humedad aprovechable durante las evaluaciones que se realizaron. Con respecto a la relación vástago/raíz no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos durante la fase experimental. El análisis de componentes principales mostró que las variables de biomasa explican en una proporción mayor la respuesta de las observaciones en los tratamientos evaluados. El espectro de variación fisiológica determinó que la fase cerca de la reproducción es más sensible a sequía. Se concluyó que la sequía afecta a las plantas que parecen turgentes a 60% de humedad. Los resultados de la relación vástago/raíz, aún en 20% de humedad puede significar que la raíz presenta alta eficiencia en absorción de agua aún en la condición de estrés hídrico que puede especificar una forma de escape a sequía.

**PALABRAS CLAVE:** Amaranto, estrés hídrico, sequía.

## MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF *Amaranthus Hipichondriacus* L. UNDER THREE HUMIDITY LEVELS.

SUMMARY. We handled three different humidity levels (100, 60 y 20% on *A. hypochondriacus* code 32c1133-6 INIFAP. All the experimental units were sustained in their field capacity during 40 days. From that day on, we took a total of 5 measurements starting every 10th day and in which morphologic and physiologic variables were evaluated and registered. The results showed that the photosyntetic activity and the leaf area are diectly proportional in 60 an 100% profitable humidity in regard to the dry weight acumulated. Water potential measurement did not give any significant differences between the control treatments and 60% of profitable humidity during the evaluation tests that were made. With respect to the stem/root relationship significant differences were not found between the treatments during the experimental phase. The analysis of principal components showed that biomass variables explain in major proportion the response of the observations in the treatments evaluated. The specter of physiological variation determined that the phase near to reproduction is more sensitive to drought. We conclude that drought affects the plants that seemed turgent at 60% of humidity. The results of the stem/root relationship, even in 20% of moisture could mean that the root presents high efficiency in water absortion even the water stress condition that can be specified as a means of avoiding drought.

**KEY WORDS:** Amarantus, water stress, drought.

## ANTECEDENTES

La sequía es el factor ecológico que más limita la producción de cosechas para regiones semiáridas donde el abastecimiento de agua es problemático, el amaranto resulta un cultivo ideal ya que además de su riqueza proteínica tiene la ventaja de necesitar menos agua que otras especies de grano.

Reyna (1986) menciona que el amaranto soporta la sequía intraestival aunque ésta sobrepase el 30%. Iturbide, en el mismo año afirma que su cultivo requie-

re poca agua y tiene gran capacidad de resistencia a la sequía. Cavagnaro 1985; citado por Pulido (1987) fue el primero en establecer un experimento en Davis, California con el objeto de medir la limitación de humedad sobre la distribución de materia seca en 4 especies de amaranto de grano entre las que destacaban *A. hypochondriacus.* En uno de sus tratamientos aplicó 66% de la cantidad de agua aplicada al testigo, al que llamó déficit moderado (D.M.) mientras que el otro recibió el 33% de la cantidad aplicada al testigo, al que llamó déficit severo (DS). Los resultados indicaron que el promedio del rendimiento de biomasa fue de 66% para DM y 52% para DS encontrándose diferencias significativas entre tratamientos.

Del Río (1988) evaluó los efectos del contenido relativo de agua (CRA) sobre *A. hypochondriacus* en condiciones de sequía encontrando que la pérdida de turgencia de las hojas se encuentra alrededor de 0.51 de CRA y definió el punto de inicio de daño celular en 0.42 de CRA. Concluyó que este parámetro no puede ser medido eficientemente cuando existe daño celular.

Por otro lado, Villasana (1988) con su trabajo sobre la determinación de características morfológicas y fisiológicas que confieren resistencia a sequía al amaranto durante su etapa reproductiva, encontró que el área foliar se ve afectada disminuyendo la foto-síntesis y que el sistema radical muestra una gran capacidad de absorción de agua. Encontró además reducción en el rendimiento del grano por efecto de la sequía. Concluyó que el mecanismo de resistencia a sequía mostrado por el amaranto, incluye disminución de la transpiración y ajuste osmótico.

A pesar de su capacidad para resistir periodos prolongados de sequía, su riqueza proteínica y su relativa aceptación para fines alimenticios, los estudios sobre las respuestas morfológicas y fisiológicas del amaranto con limitación de humedad son escasos quizá porque aún no se ha comprendido su importancia, por tal razón, los **objetivos** de este trabajo fueron:

a) Determinar las características de las respuestas morfológicas y fisiológicas durante la fase vegetativa de *Amaranthus hypochondriacus* L. bajo tres niveles de humedad aprovechable (HA) (20, 60 y 100%) a partir del día 40 después de la siembra.

b) Detectar las variables que se asocian en comportamiento como respuesta a la deficiencia de humedad y aquellas que pudieran ser consideradas como indicadoras de sequía durante la fase vegetativa de *A. hypochondriacus* cultivado bajo las mismas condiciones.

## MATERIALES Y METODOS

Con el propósito de detectar las variables que se asocian en comportamiento como respuesta a la deficiencia de humedad y aquellas que pudieran ser consideradas como indicadoras de sequía durante la etapa vegetativa de *A hypochondriacus* L. se procedió a un análisis de componentes principales.

El diseño cubrió tres tratamientos en los cuales se realizaron cinco evaluaciones con cinco repeticiones para cada una en un tiempo de 90 días. Se utilizaron un total de 75 unidades experimentales (bolsas de polietileno negro de 5.5 kg de suelo arenoso distribuidas al azar bajo humedad (Humedad aprovechable; H.A.) controlada de la siguiente manera:

20% H.A. (5780 g): 25 unidades experimentales (Ue)

60% H.A. (5890 g): 25 Ue

100% H.A. (6000 g): 25 Ue

La siembra se realizó en forma directa colocando de 7 a 10 semillas en cada unidad experimental en forma equidistante. Todas ellas se mantuvieron a capacidad de campo durante 40 días para permitir una buena germinación y desarrollo inicial de las plántulas. En este lapso el cultivo recibió dos dosis de fertilización (100 g de triple 17 en 15 litros de agua, aplicando 100 ml a cada unidad experimental), la primera doce días después de la siembra, la segunda 30 días después de ella. Durante este tiempo las plantas alcanzaron de 15 a 20 cm aproximadamente, tiempo en que se realizó el aclareo dejando sólo 3 plantas por cada unidad experimental. En el día 40, después de la siembra, se ajustaron las unidades experimentales al porcentaje de humedad planeado (20, 60 y 100% de H.A.), manteniendo el peso constante hasta la evaluación final. La primera evaluación se realizó en el día 50 después de la siembra, realizándose 4 evaluaciones más con un intervalo de 10 días.

**Variables Evaluadas:**

1. TRANSPIRACION (Tr). Se evaluó por diferencia de peso entre las 7:00 y 19:00 horas.
2. CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA). Se evaluó en la hoja 8 de cada unidad experimental de acuerdo a la técnica descrita por Del Río (1988).
3. POTENCIAL HIDRICO (PH). Fue evaluado en la hoja número 8 de cada unidad experimental con cámara de Scholander (Kramer, 1974).
4. AREA FOLIAR Y CAIDA DE HOJAS (AF). Se realizó en impresión por fotocopiado, obteniendo el área foliar por relación de peso con un área conocida.

5. DIAMETRO DEL TALLO (DT). Se evaluó con vernier entre la hoja 7 y 8 de cada unidad experimental.
6. PESO SECO DE HOJAS (PSH).
7. PESO SECO DEL TALLO (PSTa).
8. PESO SECO DE RAICES (PSR).
9. PESO SECO TOTAL (PST).

La materia seca se cuantificó secando al horno a 96°C durante 24 horas.

**Variables calculadas:**

1. RAZON VASTAGO/RAIZ (V/R). Se obtuvo dividiendo la porción aérea entre el sistema radical.
2. RELACION DE AREA FOLIAR (RAF). Para su obtención se dividió el área foliar entre el peso seco total.

A los resultados se les realizó un análisis de determinación de las variables evaluadas con respecto al tiempo, la siguiente parte implica un análisis de componentes principales y finalmente la parte integrativa mediante la construcción de gráficas poligonales que Arriaga (1985) llamó espectro de variación fisiológica (EVF).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la gráfica de área foliar (Figura 1), se observa una mayor producción para el tratamiento testigo, seguido por el de 60% y finalmente el de 20% de H. A. con la menor área, existiendo diferencias significativas a partir de la segunda evaluación. Villasana (1988) atribuyó este comportamiento a la caída de hojas por abscisión principalmente, razón por la cual evaluamos esta variable existiendo a pesar de ello diferencias significativas entre tratamientos, atribuyéndolo a una estrategia del amaranto para soportar periodos prolongados con deficiencia de humedad.

En la relación del área foliar (Figura 2) la respuesta observada en el tratamiento testigo concuerda con la obtenida por Ramírez (1985) en su trabajo sobre análisis del crecimiento de los híbridos de maíz H30 y H131 y de sus progenitores. En su trabajo observó los valores más altos en los primeros muestreos, disminuyendo gradualmente al transcurrir el tiempo. Este comportamiento se explica si consideramos que al avanzar el ciclo biológico de la planta existe crecimiento y diferenciación de otros órganos entre los cuales será distribuido el peso seco producido. El comportamiento de la gráfica nos determina que bajo este diseño el peso seco total durante el ciclo fenológico del amaranto se incrementa en mayor proporción que el área foliar.

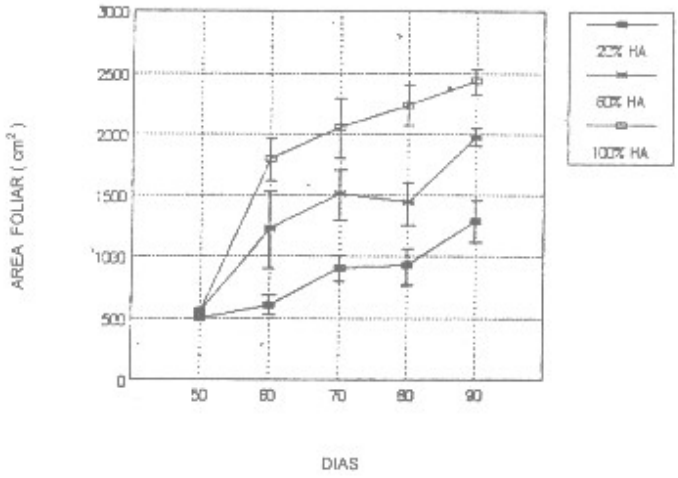


**Fig. 1. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el área foliar durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivada en suelo arenoso. Nótese, durante la primera evaluación que no se observan diferencias significativas entre tratamientos, debido al corto periodo de control de humedad en las variedades experimentales. Al igual que en las gráficas siguientes cada punto es el promedio de cinco repeticiones.**

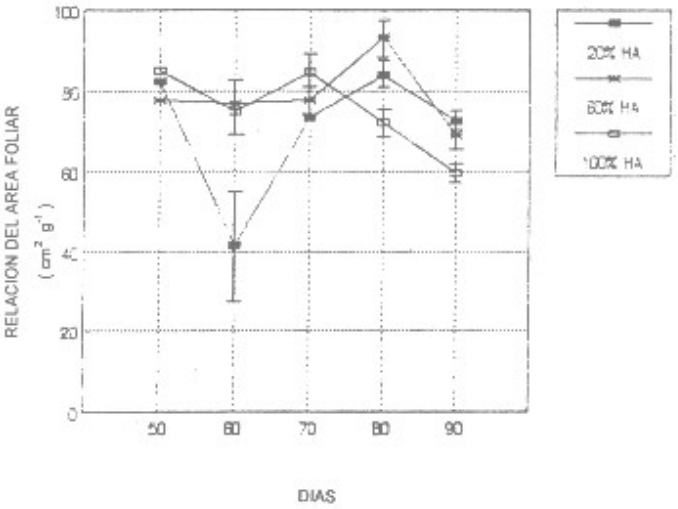


**Fig. 2. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el índice Relación del Area Foliar durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivada en suelo arenoso. Esta gráfica sólo muestra diferenciación significativa entre tratamientos en la evaluación número 4 (40) días después de la siembra, en las evaluaciones 3 y 5 sin embargo, se observan diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el 20% de H.A.**

Dado que la transpiración está en función de la humedad disponible y de la cantidad de agua que contenga una planta, los altos valores del testigo (Figura 3) pueden relacionarse con el alto contenido relativo de agua (Figura 4) y con el alto potencial hídrico (Figura 5).

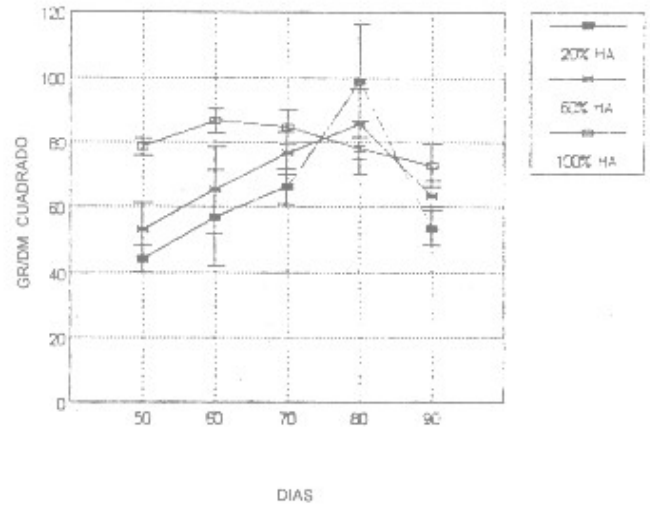


**Fig. 3. Efecto de la deficiencia de humedad sobre la transpiración durante la etapa vegetativa de *A.. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso. Obsérvese que para ninguna de las evaluaciones realizadas existen deficiencias significativas totales entre los tratamientos manejados, asumiendo, sin embargo, una asociación entre los tratamientos experimentales.**

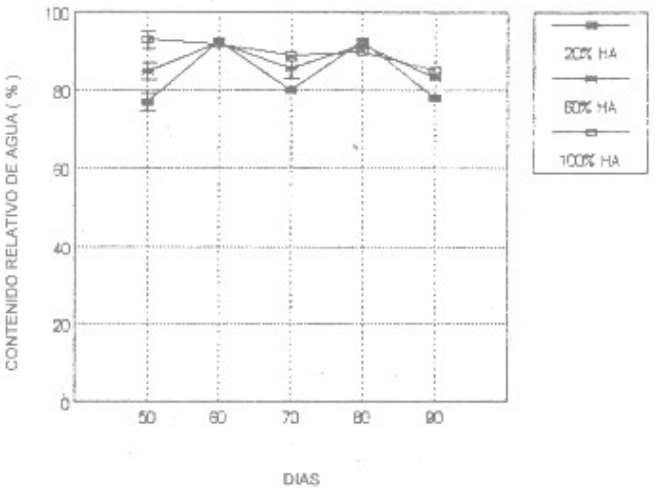


**Fig. 4. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el Contenido Relativo de Agua durante la etapa vegetativa de *A. hipochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso. En la gráfica se observan diferencias significativas en la primera y tercera evaluación, asociándose los tres tratamientos en las evaluaciones 2 y 4. Para la evaluación final se presenta una asociación del tratamiento testigo con el 20% de H.A. separándose significativamente del 20% de H.A.**

Por su parte, la baja transpiración en el tratamiento con 20% de humedad aprovechable (Figura 3) podría relacionarse con la deficiencia de humedad, el bajo contenido relativo de agua y los bajos valores de potencial hídrico (Figuras 4 y 5). Sin embargo, no puede hacerse una estrecha asociación entre las tres variables ya que las evaluaciones del potencial hídrico y contenido relativo de agua se realizaron de manera puntual (a las 8:00 horas) mientras que la transpiración es el resultado de la pérdida de agua a lo largo del día (7:00 a 19:00 horas).

Durante las evaluaciones realizadas se observó en el tratamiento testigo un mayor contenido relativo de agua (CRA) en comparación con los tratamientos experimentales (Figura 4) fluctuando estos valores entre 16 y 93% de CRA, si consideramos los términos de pérdida de turgencia e inicio de daño celular manejados por Del Río (1988), bajo este diseño el amaranto se encontraba lejos de estos eventos.

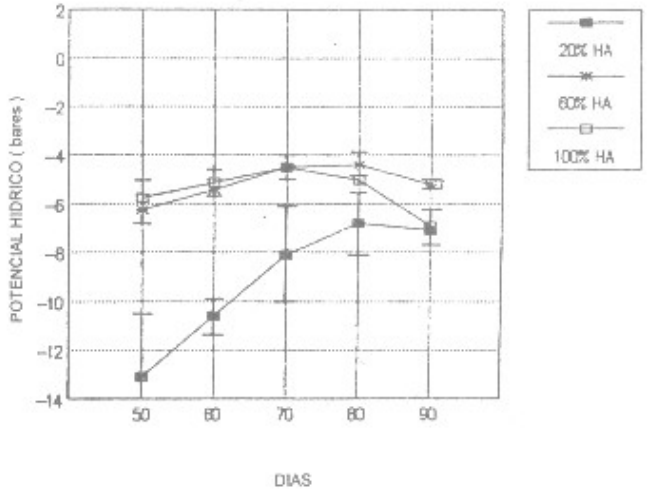


**Fig. 5. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el potencial hídrico durante la etapa vegetativa de *A. hypocondriacus* L. cultivado en suelo arenoso. Nótese la estrecha asociación que existe entre el tratamiento testigo y el 60% de humedad aprovechable, lo cual sugiere que el tratamiento con 60% de H.A. no participa como limitante de humedad para esta especie.**

Los tratamientos testigo y 60% de humedad aprovechable (Figura 5) se asocian con una tensión similar en su comportamiento a través del tiempo no mostrando diferencias significativas excepto para la última evaluación, lo cual nos hace inferir que para esta variable de respuesta el tratamiento con 60% de H.A. no actúa como limitante de humedad para esta colecta. Por lo que para trabajos posteriores se sugiere manejar niveles de humedad por abajo del 60% de humedad aprovechable.

El tratamiento con 20% de H.A. presenta una relación lineal inversamente proporcional con respecto al tiempo con un coeficiente de determinación de 0.86 observando valores semejantes a los tratamientos testigo y 60% de H.A. en las evaluaciones finales, por lo cual se infiere que la planta presenta un mecanismo que le permite captar con mayor facilidad el agua disponible para emplearla durante su fase reproductiva. Los tratamientos que se asocian con una tensión similar presentan valores más o menos constantes de potencial hídrico a través del tiempo lo cual indica que la cantidad de agua aplicada a ambos es suficiente para que la planta se desarrolle adecuadamente durante su fase vegetativa, además; nos hace pensar en una capacidad interna del amaranto que le permite extraer el agua del suelo. Villasana (1988) menciona que el mecanismo que permite al amaranto mantener la turgencia celular es el ajuste osmótico.

La deficiencia de humedad afectó al amaranto provocando una disminución de la materia seca en los tratamientos experimentales (Figura 6). Los tratamientos con 60 y 20% de la humedad aprovechable produjeron el 68.20% y 46.59%, respectivamente, de la cantidad de materia seca producida por el testigo durante las evaluaciones realizadas con lo cual se tienen diferencias significativas entre tratamientos a partir de la tercera evaluación.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Villasana (1988) quien al evaluar la biomasa del

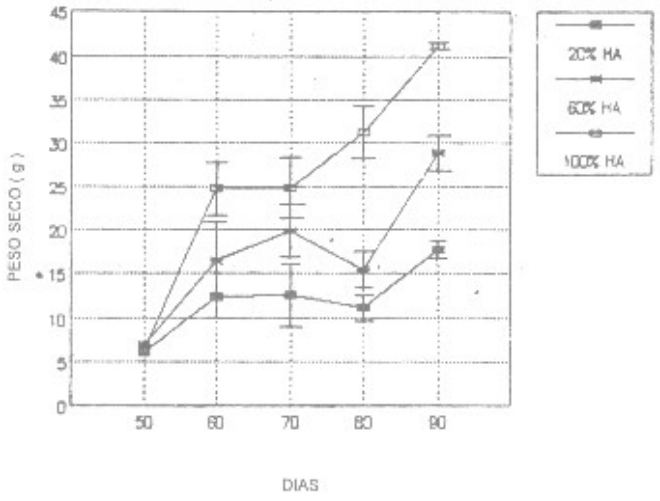


**Fig. 6. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el peso seco total durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso. En la segunda evaluación el tratamiento testigo, presenta diferencias significativas con los tratamientos experimentales, pero no éstos entre el para la evaluación número tres se observa una asociación entre el tratamiento testigo y el 60% de H.A. La sequía se acentúa algunos días previos a la fase reproductiva.**

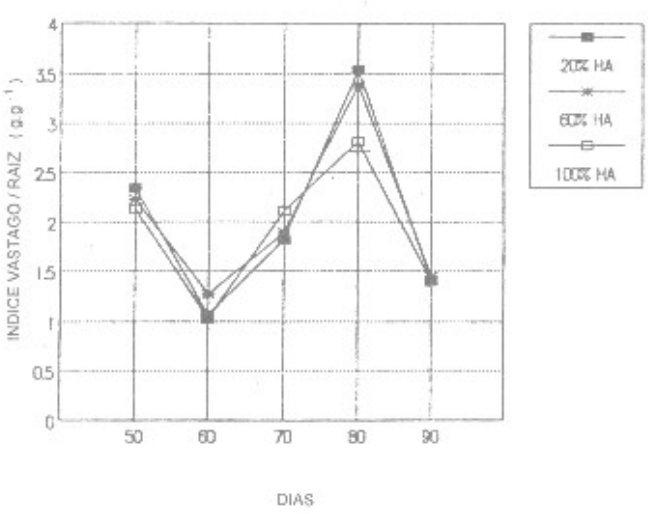


**Fig. 7. Efecto de la deficiencia de humedad sobre el índice vástago/raíz durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso. Nótese que no existen diferencias significativas entre tratamientos para las evaluaciones realizadas, lo cual significa que la especie en estudio, cuando se encuentra en situaciones adversas de humedad incrementa o limita su desarrollo en la misma proporción tanto en su parte aérea como subterránea.**

amaranto bajo condiciones de sequía observó una disminución de ésta en sus tratamientos experimentales y diferencias significativas entre tratamientos experimentales y el testigo, Hsiao (1973), citado por el mismo autor indica que existe una relación lineal entre el área foliar y la materia seca, en este caso, al reducirse el número de hojas se afectó la velocidad de fotosíntesis y como consecuencia se redujo la productividad de materia seca.

La explicación del comportamiento de la razón vástago/raíz (Figura 7) sin diferencias significativas entre tratamientos durante la fase fenológica del amaranto se atribuyen a que inicialmente la planta desarrolla un sistema radical eficiente que le permite captar el agua, para luego tener un crecimiento acelerado en la parte aérea. Si consideramos que en esta etapa la planta ha dejado de crecer y se aproxima la formación de órganos florales para la fase reproductiva, se entenderá la disminución vástago/raíz como una estrategia para asegurar su reproducción a través de un mayor desarrollo radical para una mayor exploración y aprovechamiento de la humedad disponible. Sin embargo, es importante mencionar que la relación vástago/raíz no determina la habilidad de la planta para absorber el agua del suelo.

## ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

En el análisis de correlación lineal simple se observó que para los tres tratamientos las variables

asociadas de manera significativa ($P \geq 0.05$) son: diámetro del tallo (DT) área foliar (AF) y los pesos secos de las hojas, raíces y tallos (PSH, PSR, PSTa) en sus diferentes combinaciones. Se observó una correlación lineal directa con un $P \geq 0.01$ entre PSH - AF para los tres tratamientos. El testigo presentó además una relación directa entre PSH - PSTa con 99% de confianza lo cual implica que el área foliar tuvo una participación muy significativa para el crecimiento y desarrollo del tallo.

Las gráficas de componentes principales (HG 8, 9 Y 10) asociaron las siguientes variables de respuesta.

| 100 % | 60 % | 20 % |
|---|---|---|
| 1) DT | DT | DT |
| 2) PST | PST | PST |
| 3) PSH | PSH | PSH |
| 4) AF | AF | AF |
| 5) PSR | PSR | PSR |
| 6) PSTa | | PSTa |

Estas variables las llamamos de BIOMASA, ya que se acumulan en función del tiempo, separándose de las fluctuantes que dependen de las condiciones climáticas y ambientales como transpiración, contenido relativo de agua y potencial hídrico, que tienen cierta relación con la fotosíntesis, la relación entre esta última y el rendimiento depende del número de evaluaciones durante ciclos diurnos (Zelitch, 1982).

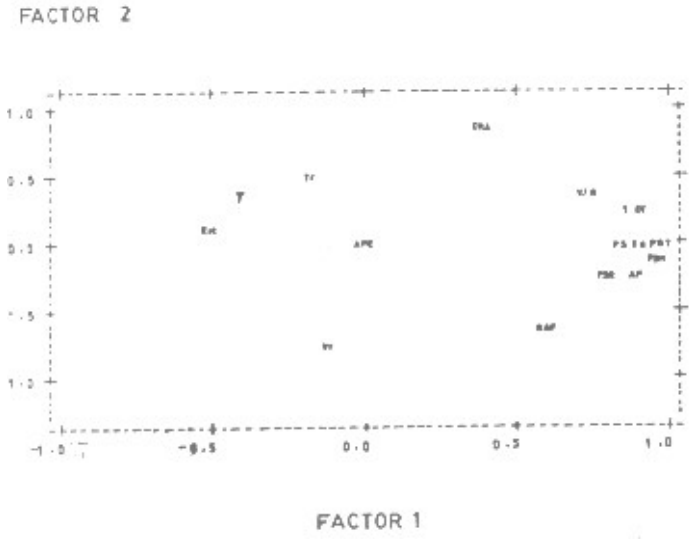


**Fig. 8. Comportamiento de las variables de respuesta a través del tiempo durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso y 100% de humedad aprovechable.**

Las gráficas de componentes principales no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual se atribuye a una alta capacidad del amaranto para desarrollarse en condiciones de sequía.

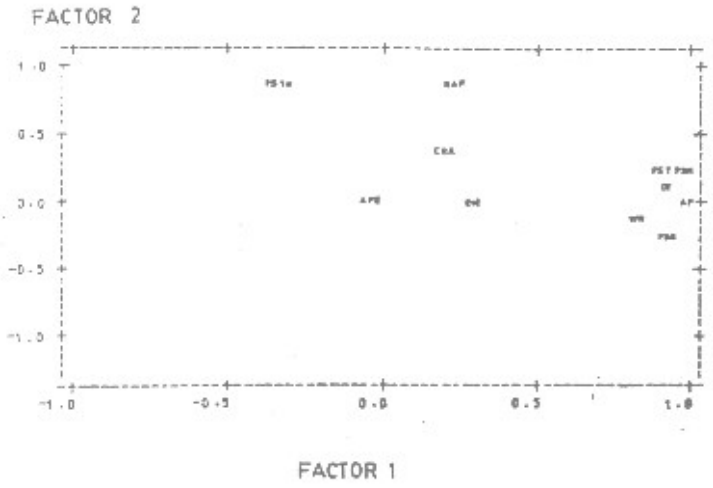


**Fig. 9. Comportamiento de las variables de respuesta a través del tiempo durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso y 60% de humedad aprovechable.**

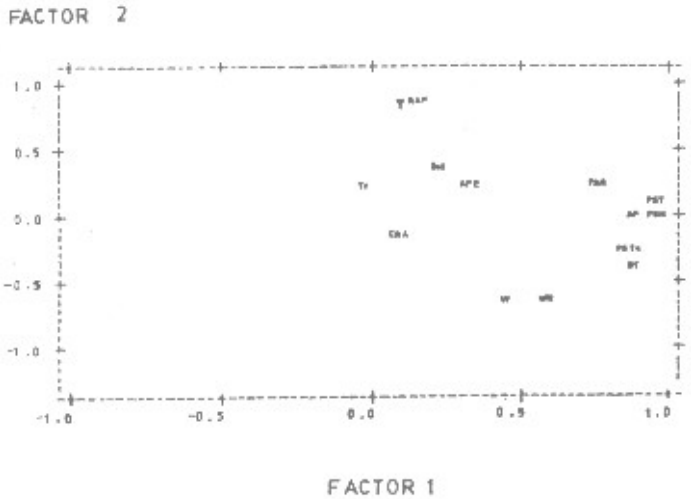


**Fig. 10. Comportamiento de las variables de respuesta a través del tiempo durante la etapa vegetativa de *A. hypochondriacus* L. cultivado en suelo arenoso y 20% de humedad aprovechable.**

## ESPECTRO DE VARIACION FISIOLOGICA

Con el objeto de integrar las variables de respuesta que observaron una alta correlación durante las evaluaciones realizadas, se construyeron gráficas con número de ejes igual al número de variables significativas a las que Arriaga (1985) llamó espectro de variación fisiológica (EVF). Las gráficas están formadas por siete

vértices que en su mayoría lo integran las variables de BIOMASA además de la razón vástago/raíz. En cada vértice se observan las siglas NS o S con subíndices que significan:

NS = No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

ST = Existen diferencias significativas entre los tratamientos.

S1, 2 = Existen diferencias significativas sólo entre los tratamientos 1 y 2.

S1, 3 = Existen diferencias significativas sólo entre los tratamientos 1 y 3.

S2, 3 = Existen diferencias significativas sólo entre los tratamientos 2 y 3.

El tratamiento 1 se manejó con el 20% el 2 con 60% y el 3 con el 100% de humedad aprovechable.

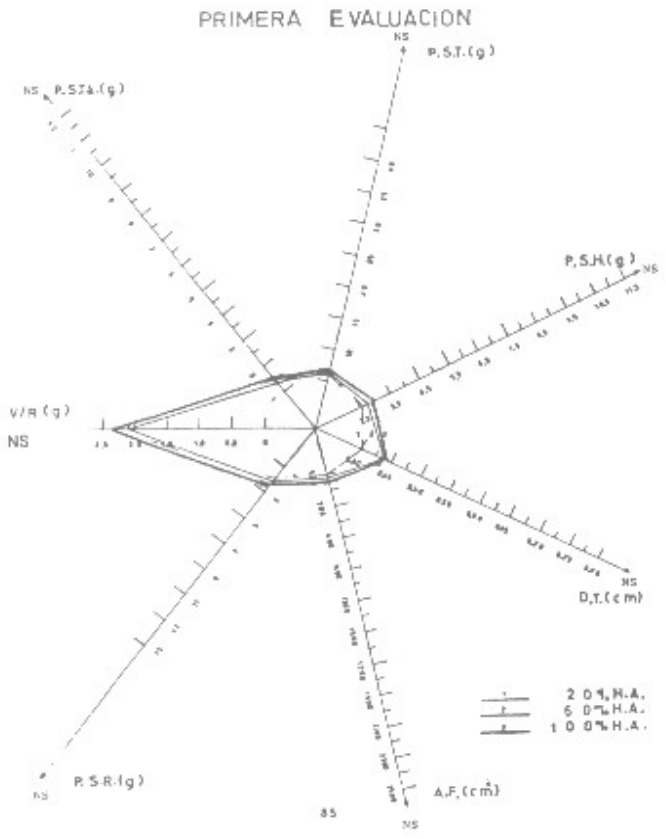


Fig. 11. E.V.F. Espectro de variación fisiológica

La regla de decisión para diferencias significativas totales o parciales se basó en una prueba de "t" de student comparada con un $P = 0.05$ y 8 grados de libertad.

En la primera evaluación realizada 50 días después de la siembra no se observaron diferencias significativas en ninguno de los componentes (Figura 11), lo cual se atribuye al corto periodo que tenían los tratamientos bajo control de humedad (10 días), 70 días después de la siembra se observaron diferencias significativas entre los tratamientos testigo y 20% de HA (Figura 12) para todas las variables de respuesta excepto para PSR y la razón vástago/raíz. Para la última evaluación, realizada 90 días después de la siembra se observaron diferencias significativas entre casi todas las variables de respuesta. En las variables de biomasa y el área foliar (Figura 13) se observa una relación equidistante en los valores obtenidos para cada tratamiento con una separación que las hace estadísticamente diferentes, esto infiere que el amaranto fue afectado significativamente por la deficiencia de humedad manifestándose con una menor producción de biomasa para los tratamientos experimentales.

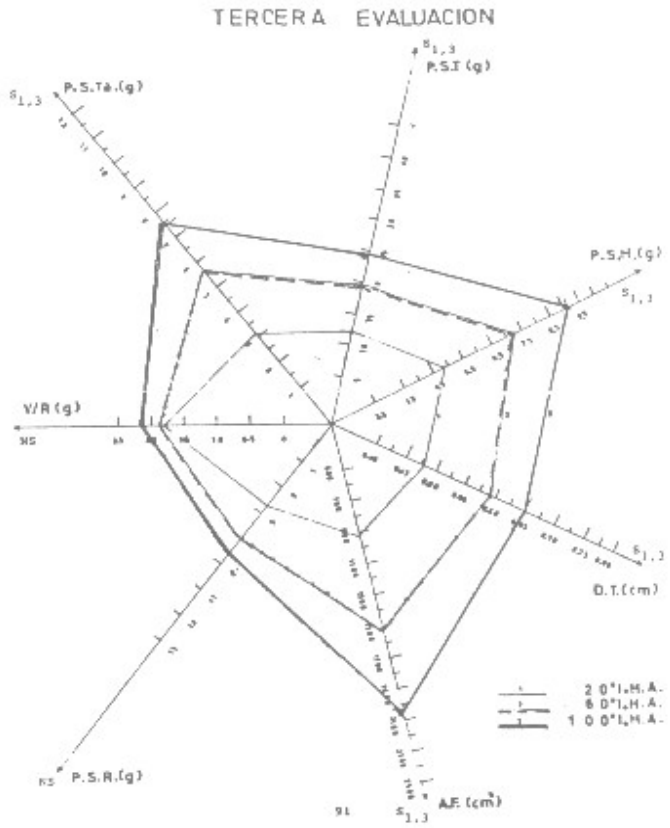


Fig. 12. Espectro de variación fisiológica.

La respuesta verdaderamente interesante es la que presenta el índice vástago/raíz, el cual durante todas las evaluaciones se mantuvo sin diferencias significativas a pesar de los cambios que ocurren en distintas partes de la planta. Esto sugiere que el amaranto tiene la capacidad de soportar largos periodos con deficiencia de humedad y como Reyna (1986) lo afirma, por

debajo del 30%. En nuestro caso podemos afirmar que la razón vástago/raíz no es afectada incluso por abajo del 20% de humedad aprovechable.

La alta capacidad del amaranto para soportar periodos prolongados de sequía está estrechamente relacionada con su gran facilidad para captar el agua disponible del suelo y mantener su turgencia celular. Esto pudo constatarse con la realización del presente trabajo ya que entre las 14:00 y 15:00 hrs las plantas se encontraban totalmente flácidas y caedizas con hojas poco turgentes y aproximadamente 8 minutos después del riego correspondiente para cada tratamiento éstas se encontraban totalmente recuperadas.

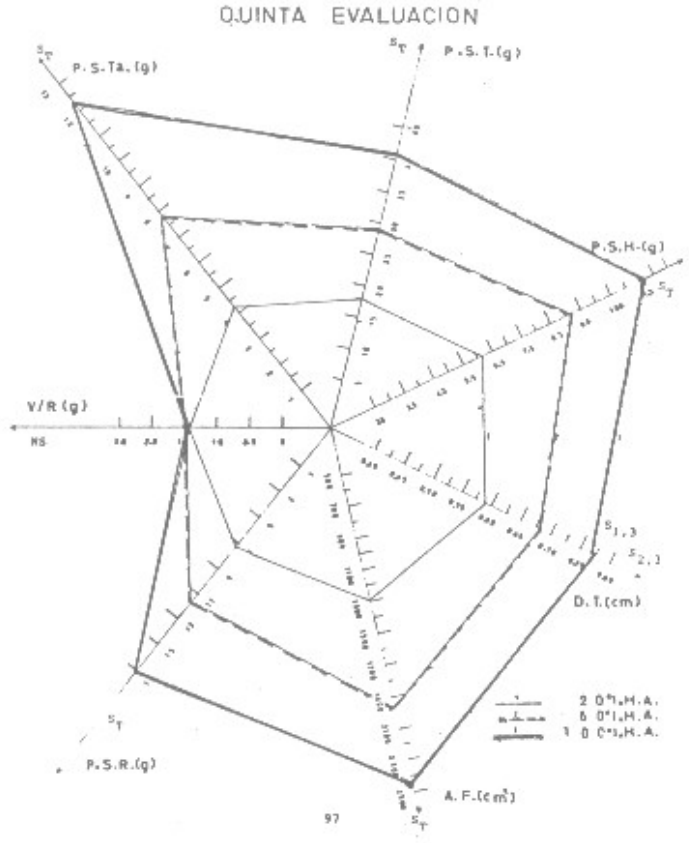


**Fig. 13. Espectro de variación fisiológica.**

## CONCLUSIONES

1. La menor producción de área foliar en combinación con los bajos valores de contenido relativo de agua, potencial hídrico y transpiración afectó la eficiencia de fotosíntesis del amaranto manifestándose con una menor producción de materia seca.
2. La sequía afecta el rendimiento biológico de *A. hypochondriacus* L. a un 20% de H.A.
3. La utilización del 60% de H.A. puede ser descartada siendo factible manejar más niveles de sequía por abajo de este porcentaje.
4. El análisis de componentes principales determinó que las variables de biomasa explican en mayor proporción el comportamiento de los parámetros evaluados en los diferentes tratamientos.
5. El espectro de variación fisiológica mostró que el periodo previo a la floración (90 días después de la siembra) es el más afectado por la deficiencia de humedad.
6. La respuesta a la deficiencia de humedad mostrada por el amaranto es incrementar su sistema radical y asegurar el aporte de agua para después incrementar su área foliar y llegar a la etapa de floración y fructificación.
7. La proporción V/R no es alterada por lo que la raíz no es un factor de respuesta a la sequía para esta colecta, lo que hace suponer a la raíz como eficiente en la absorción de agua, hecho que se apoya por el corto tiempo de recuperación, ya que cuando las plantas se encontraban flácidas y cae-dizas, sólo requerían de 8 minutos para recuperar su turgencia, aunque el riego se realice únicamente con el 20% de humedad aprovechable. Por ello es una buena opción para cultivarlo en zonas con humedad limitada y aliviar la situación de un país como el nuestro que pretende mayor desarrollo económico y nutricional de sus habitantes.

## LITERATURA CITADA

ARRIAGA F., A. 1985. Evaluación de la respuesta fisiológica de tres variedades de sorgo bajo el esquema riego-sequía. Tesis UNAM, ENEP. Iztacala. 74 p.

DEL RIO P., M. 1988. El contenido relativo de agua. Tesis UNAM, ENEP. Zaragoza. 61 p.

KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Edutex, México. 538 p.

PULIDO M., L. 1987. El nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y calidad de proteína de *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus*. Tesis. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

REYNA T., T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*) en México. *In:* Trinidad S. A. El amaranto. 1er. Seminario Nacional. Chapingo, México. pp. 81-89,

VILLASANA G., F. 1988. Características morfológicas y fisiológicas que confieren resistencia a la sequía del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Tesis Licenciatura, UACh., México.

ZELITCH, I. 1982. The close relationship between net photosyntesis and crop yield. BioScience 32 (10): 796-