

68
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CARACTERIZACION DE CINCO TIPOS DE
AMARANTO EN BASE A ALGUNOS
ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL
DESARROLLO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

EDITH DEL ROCIO GARCIA HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1992





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN

I. INTRODUCCION 1

II. REVISION DE LITERATURA. 3

2.1 Importancia 3

2.2. Clasificación taxonómica 3

2.3. Clasificación por tipos. 4

2.4. Domesticación. 5

2.5. Condiciones climáticas y edáficas para el cultivo del amaranto 5

2.6. La semilla 6

2.6.1. Estructura de la semilla 6

2.7. La semilla del amaranto. 7

2.8 Germinación 8

2.8.1. Factores que afectan la germinación 8

2.8.1.1. Humedad. 10

2.8.1.2. Imbibición 10

2.8.1.3. Luz. 12

2.8.1.4. Gases. 12

2.8.1.5. Temperatura. 13

2.9 Salinidad 14

2.9.1. Tolerancia a la Salinidad 16

2.9.2 La salinidad durante la germinación. 17

2.10. Emergencia. 19

III. MATERIALES Y METODOS 22

3.1.1. Determinación del color 22

3.1.2. Forma de la semilla y aspecto de la testa 22

3.1.3. Determinación del peso 22

3.2. Caracterización de parámetros fisiológicos 23

3.2.1. Contenido de humedad. 23

3.2.2. Prueba de imbibición. 23

3.2.3. Porcentajes de germinación. 23

3.2.4. Porcentajes de germinación a diferentes concentraciones de NaCl. 24

3.2.4.1. Porcentaje de germinación a 28±3°C. 24

3.2.4.2. Porcentaje de germinación a 26±3°C. 24

3.2.5. Cinéticas de germinación a diferentes tiempos. 24

3.2.6. Cinéticas de germinación después de pretratamientos en soluciones hipertónicas de NaCl. 25

3.2.7. Prueba de imbibición en condiciones de salinidad. 25

3.2.8. Cinéticas de germinación y emergencia. 26

| | |
|---|-----|
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | .27 |
| 4.1 Descripción del color, forma y aspecto de la testa | .27 |
| 4.1.2. Peso | .27 |
| 4.1.3. Contenido de Humedad | .31 |
| 4.2. Prueba de Imbibición | .32 |
| 4.2.1. Porcentajes de Germinación. | .33 |
| 4.3. Porcentaje de germinación en condiciones de salinidad. | .36 |
| 4.4. Cinéticas de germinación a diferentes tiempos. | .43 |
| 4.5 Cinéticas de germinación después de pretratamientos en soluciones hipertónicas de NaCl. | .48 |
| 4.5.1. Imbibición en condiciones de salinidad | .54 |
| 4.6 Cinética de Germinación y emergencia | .54 |
| 4.6.1. Emergencia. | .54 |
| 4.6.2. Cinética de germinación y emergencia. | .56 |
| V. CONCLUSIONES | .61 |
| BIBLIOGRAFIA. | .63 |

INDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|---|----|
| Cuadro 1.- | Descripción de tres tipos de semillas de <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> según color, aspecto de la testa y forma de la semilla | 28 |
| Cuadro 2.- | Peso promedio de cien semillas (mg) de tres tipos de <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> . A) Muestra 1, B) Muestra 2. | 29 |
| Cuadro 3.- | Porcentaje de humedad de cien semillas de tres tipos de <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> | 32 |
| Cuadro 4.- | Relación de peso e imbibición de cien semillas de tres tipos de <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> | 33 |
| Cuadro 5.- | Porcentaje de germinación de cien semillas de tres tipos de <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> a 18 ± 3 °C. | 35 |
| Cuadro 6.- | Porcentaje de cien semillas de tres tipos de amaranto pertenecientes a <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> a diferentes concentraciones de NaCl en cajas de Petri a 28 ± 3 °C. | 37 |
| Cuadro 7.- | Germinación de cien semillas de tres tipos de amaranto pertenecientes a <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> en agua (1), y en soluciones de NaCl 51.3 mM (2), 102.7 mM (3), 154.0 mM (4), en cajas de Petri a 26 ± 3 °C. | 39 |
| Cuadro 8.- | Comparación de porcentajes de tres tipos de amaranto pertenecientes a <u>A. hypochondriacus</u> y dos tipos de <u>A. cruentus</u> , germinados en agua (A) y en solución de NaCl 51.3 mM (s) en cajas de Petri a 18 ± 3 °C a la hora indicada A) muestra D, B) muestra N. | 44 |
| Cuadro 9.- | Promedio de germinación de tres tipos de amaranto pertenecientes a <u>A. hypochondriacus</u> y dos de <u>A. cruentus</u> , incubadas en agua (T) y en solución 171.0 mM (1), 342.0 mM (2), 513.0 mM (3), enjuagadas y puestas a germinar en cajas de Petri con agua destilada A) un día, B) dos días, C) tres días. | 51 |

- Cuadro 10.- Diferencias de peso de cien semillas (mg) de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus imbibidas durante 12 h en agua y en solución de NaCl a las concentraciones indicadas (18 ± 3 °C). 55
- Cuadro 11.- Porcentaje de emergencia de tres tipos de semillas de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus, colocadas directamente sobre tierra (26 ± 3 °C). 55
- Cuadro 12.- Porcentaje de germinación y emergencia de cien semillas de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus germinadas en solución de NaCl 51.3 mM. A) puestas en tierra inmediatamente, B) puestas en tierra a las 42 h. 59
- Cuadro 13.- Promedio de plantas vigorosas (mayores de 35 cm), medianas (menores de 3.5 cm y mayores de 2 cm) y débiles (menores de 2 cm) y tres tipos de A. hypochondriacus, y dos tipos de A. cruentus germinadas en agua destilada y en solución 51.3 mM de NaCl, A) puestas en tierra inmediatamente, B) Puestas en tierra a las 42 h. 60

INDICE DE FIGURAS

- Figura No. 1 Peso de cien semillas (mg) de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*, A) muestra 1, B) muestra 2. 30
- Figura No. 2 Diferencia de peso (mg) causada por la imbibición de cien semillas de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* ($18 \pm 3^\circ\text{C}$). 34
- Figura No. 3 Porcentajes totales de germinación de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* a las concentraciones indicadas. A) $28 \pm 3^\circ\text{C}$, B) $26 \pm 3^\circ\text{C}$ 39a
- Figura No. 4 Cinética de germinación del tipo Azteca en agua y en solución de NaCl 51.3 mM a las horas indicadas en cajas de Petri ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) 46a
- Figura No. 5 Cinética de germinación del tipo Frondoso en agua y en solución de NaCl 51.3 mM a las horas indicadas en cajas de Petri ($18 \pm 3^\circ\text{C}$). 46a
- Figura No. 6 Porcentajes de germinación de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* después de imbibición a las concentraciones y tipos indicados 51.3 mM de NaCl. 53
- Figura No. 7 Porcentajes totales de germinación (A) y emergencia (B) de cien semillas de los tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*. 57a
- Figura No. 8 Porcentajes totales de germinación y emergencia de cien semillas de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*: A) puestas en tierra inmediatamente. B) puestas en tierra después de 42 horas. . . 57a

RESUMEN

Recientemente el cultivo del amaranto ha despertado gran interés y varias investigaciones han sido dedicadas al estudio y selección de aquellos tipos con cualidades que satisfagan a agricultores y consumidores. Un conocimiento más amplio de estos tipos contempla diferentes criterios, como el grado de uniformidad de la semilla en relación a la apariencia, a la germinación en medio salino, y a la emergencia.

En cuanto a la apariencia, peso y grado de imbibición, Montecillo el único tipo que tiene semilla de testa oscura y brillante fue el de mayor variación. El porcentaje de humedad de los cinco tipos osciló entre 7 y 9%, mientras que los porcentajes de germinación ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) fueron superiores a 92.4% a excepción de Mercado (83.6%).

En las semillas que germinaron en soluciones 51.3, 102.7 y 154.0 mM de NaCl a $26 \pm 3^\circ\text{C}$ y $28 \pm 3^\circ\text{C}$ se observó retraso y disminución en el período de germinación proporcional a la concentración de NaCl.

El efecto de la salinidad fue modificado con la temperatura, ya que al disminuir ésta, los porcentajes de germinación también se redujeron siendo $28 \pm 3^\circ\text{C}$ el rango donde se obtuvieron los valores mayores.

El ritmo de germinación diurna (D) y nocturna (N) modificó los resultados. Cuando el proceso se inició por la mañana (Muestra D) la germinación fue más heterogénea.

La recuperación producida por la incubación de las semillas en solución salina 171.0, 342.0, y 513.0 mM NaCl durante uno, dos y tres días disminuyó en relación al tiempo de permanencia en la solución y al incremento de la salinidad, siendo las 48 h el período en que fueron más afectadas.

Fronoso fue el tipo más tolerante a las concentraciones 51.3, 102.7 y 154.0 mM (18,26,28±3°C) y el de germinación más tardía, mientras que Mercado resultó el más sensible.

Los tipos estudiados presentaron altos porcentajes de germinación y bajos de emergencia siendo la relación entre sus cinéticas muy variable. Las semillas que al germinar permanecieron durante 42h en solución salina 51.3 mM (26±3°C) tuvieron los mayores porcentajes de emergencia lo cual fue un indicador de la diferencia de respuestas según avanzó la etapa de desarrollo.

No se encontró relación aparente entre el peso de la semilla y el porcentaje de emergencia.

INTRODUCCION

El amaranto fue un cultivo muy importante para algunas culturas mesoamericanas como la azteca y la maya, pues era utilizado tanto en el consumo humano como en ceremonias religiosas. Actualmente ha sido objeto de atención mundial debido a sus propiedades nutricionales. De éste pueden aprovecharse las hojas como verdura (Castañeda et al., 1987), materia seca, forraje (Art. et al., 1987 y Oaxaca et al., 1987) y fabricación de harina como base para complemento alimenticio, dulces, etc. (Trinidad et al., 1986).

Las dos especies que más se siembran en México son A. hypochondriacus y A. cruentus, de las cuales se han reportado varios tipos cuyas diferenciación se base en el color, forma y disposición de las hojas, estructuras florales, apariencia, tipo de la cubierta de la semilla, etc. (Espitia, 1991). De las partes que componen la planta, la semilla es la que ha despertado mayor interés en México debido a su uso en la elaboración del dulce de "alegría" y a las propiedades nutricionales de la misma.

El amaranto prospera dentro de un extenso rango de condiciones edafológicas ya que soporta suelos alcalinos, moderadamente salinos y texturas finas y gruesas (Vera y Trinidad, 1987). Sin embargo, a pesar de las potencialidades del cultivo y de la flexibilidad en cuanto a los requerimientos agronómicos, son pocas las hectáreas dedicadas a éste, además de que la siembra se realiza con varie-

dades criollas de bajo rendimiento y alta variabilidad Espitia, (1987) y Turriza (1987), por lo que resulta necesario realizar estudios genéticos, fisiológicos y bioquímicos que permitan contar con semilla de calidad, con buena germinación y emergencia uniforme y vigorosa. En este sentido uno de los aspectos fisiológicos que han sido abordados es el aumento en la uniformidad y capacidad de germinación de las semillas por la presencia de soluciones salinas como lo muestran algunos trabajos con semillas de Rumex crispus, Limonium binervosum (Boorman, en Koller, 1972), Lycopersicon lycopersicum Coolbear et al., (1980). Gossypum barbadense L. Shannon y Francois, (1977).

En base a lo anterior se planteó como objetivo:

Conocer el grado de uniformidad de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus considerando color y aspecto de la testa, peso, grado de imbibición contenido de humedad y la germinación en presencia y ausencia de soluciones de NaCl así como la emergencia y capacidad de recuperación al ser retiradas de esta condición.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia.

El amaranto junto con el maíz, el frijol, la calabaza y la chíá fueron el alimento predominante de muchos pueblos prehispánicos mesoamericanos (Velasco y Heyden, 1986). Debido al color rojizo de la inflorescencia y de algunas semillas, era utilizado en ritos religiosos mezclado con sangre humana, esta pasta servía para modelar figurillas de dios Huitzilopoztli y de algunos animales que los representaban (Ruskin, 1984).

En México se aprovechan los tallos, hojas y semillas para la confección de diversos tipos de alimento de muy buena calidad nutricional, entre los que se encuentran las tradicionales alegrías (Mapes, 1986).

En la actualidad la superficie sembrada con amaranto difícilmente cubre las 400 ha, distribuidas principalmente en los Estados de México, Morelos, Tlaxcala, Michoacán, Puebla y Oaxaca (Morales et al., 1986), para lo cual se utilizan variedades criollas de características desventajosas y bajo rendimiento (Espitia, 1987). Las especies de importancia económica que se siembran en el país son Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus cruentus, en particular aquellos tipos que sirven para la obtención de grano.

2.2. Clasificación taxonómica.

La familia Amaranthaceae (Dicotiledoneae, orden Caryophyllales), se compone de 60 géneros y cerca de 800 especies.

Son hierbas anuales que se dividen en dos secciones: Amaranthus y Blitopsis. La sección Amaranthus incluye los amarantos coloridos, tipos para hortalizas, ornamentales y malezas comunes (Alejandre y Gómez, 1986). Las especies de Amaranthus comestibles son Amaranthus hypochondriacus, A. cruentus, A. edulis y A. hybridus. El género comprende hierbas anuales procumbentes erectas, con hojas simples, alternas enteras y largamente pecioladas. Las plantas están matizadas con un pigmento rojo llamado amarantina, el cual se expresa poco después de la germinación. Las unidades de la inflorescencia son los glómérulos, éstos se agrupan en un eje sin hojas para formar inflorescencia complejas, los tirsos que también se conocen como espigas, panojas o mazorcas. Tienen flores unisexuales en plantas monoicas o dioicas, en densos racimos cimosos situados en las axilas de las hojas y en algunas especies en tirsos terminales densos sin hojas.

2.3. Clasificación por tipos.

Con base en el uso y características del amaranto el Rodale Research Center clasificó el germoplasma de la colección en tipos agronómicos. Para A. hypochondriacus se reportaron los tipos Azteca, Mercado, Mixteco, Nepal y Picos; y para A. cruentus, los tipos Mexicano, Guatemalteco y Africano. En el registro se incluyen los caracteres heredables y distintivos de una planta que permiten su reconocimiento en cualquier ambiente, por ejemplo, el tipo de la cubierta de la semilla, color y forma del tallo, hojas, testa, etc. (Espitia, 1987).

2.4. Domesticación.

En la domesticación se aprovechan las características por medio de las cuales las plantas se adaptan mejor a las condiciones ambientales modificadas por el hombre.

Entre las propiedades que favorecen la domesticación de un cultivo Granados y López, (1986) mencionan; a) la adaptabilidad climática, b) la riqueza del germoplasma que permite gran flexibilidad y amplia distribución, c) habilidad para hibridación intergenética con plasticidad morfológica, d) susceptibilidad de poliploidía y e) altos rendimientos anuales. En el proceso de domesticación del amaranto ocurrieron algunos cambios en el color de las semillas asociados con la calidad y el sabor Sauer (en: Granados y López, 1986) y Mapes, (1986). Alejandre y Gómez, (1986) señalan que el probable origen de *A. hypochondriacus*, fue el noroeste y centro de México, y de *A. cruentus* fue el sureste de México y Centro América.

2.5. Condiciones climáticas y edáficas para el cultivo del amaranto.

Los miembros del género *Amaranthus* se distribuyen a través del mundo tropical, subtropical y regiones templadas (Ruskin, 1984). El amaranto es un cultivo resistente a la sequía, adaptable a suelos pobres y de pH variables. Crece bien en casi todo tipo de suelos desde arenoso hasta arenocalizos y humíferos.

El amaranto se localiza desde los 100 hasta los 2800

m.s.n.m. En lo referente a la temperatura se desarrolla en rangos que oscilan entre los 14 hasta 29°C, prospera en climas calientes y húmedos, semiáridos y aquellos de transición entre caliente y templados (Reyna, 1986).

2.6. La semilla.

La semilla es el medio de dispersión y perpetuación de la planta determinado por su genotipo en respuesta al ambiente. Constituye la unidad de supervivencia de cada especie, además de proporcionar una base alimentaria importante para la humanidad (Boswell, 1972).

La semilla es el principio y el fin, la unidad esencial de la herencia, símbolo de multiplicación, dispersión, de continuación e innovación, sobrevivencia, renovación y nacimiento (Heydecker, 1972). En términos agronómicos y comerciales la semilla es toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas empleadas en las siembras agrícolas. Botánicamente una semilla verdadera es un embrión en estado latente acompañado o no de tejido nutritivo protegido por epispermo (Moreno, 1984). El término semilla, también hace referencia a la unidad de dispersión del espermatofito (Jann y Amen, 1978).

2.6.1. Estructura de la semilla.

Las semillas presentan una gran variedad de formas y modos de funcionamiento. En cuanto a la estructura, contiene un embrión rodeado generalmente de uno o más tegumentos seminales.

El embrión puede derivarse de manera sexual o asexual de la fusión del núcleo de los gametos femeninos y masculinos, por tanto es el resultado de la fertilización de la célula huevo en el saco embrionario por un núcleo masculino del tubo polínico. En las semillas de una especie a otra difiere en tamaño y estructura pero en su madurez se compone de uno o más cotiledones, una plúmula y un hipocótilo.

El endospermo surge de la fusión de dos núcleos polares en el saco embrionario con otro del tubo polínico. Frecuentemente es un tejido triploide aunque el porcentaje de poliploides es alto y algunas veces permanece cenocítico. Puede mantenerse como un órgano de almacenamiento al igual que los cotiledones (Meger, 1966). Algunas semillas contienen un perispermo que se forma a partir de la nucela del óvulo y funciona también como un tejido de almacenamiento, tal es el caso del amaranto (Comunicación personal).

La testa es la cubierta de la semilla, procede de la planta madre, normalmente se desarrolla de uno o ambos tegumentos del óvulo (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1982; Bewley y Black, 1982). Esa cubierta es muy importante, ya que forma la barrera entre el embrión y el medio, algunas veces es impermeable al agua debido a la presencia de sustancias químicas como las quinonas.

2.7. La semilla del amaranto.

Principalmente es de forma esférica-lenticular con borde entornado dentro del margen Alexander (1973). La

mayoría de las especies tienen un diámetro de 1.0 a 1.5 mm (Suárez, 1986) y es muy común encontrar que 1000 a 3000 semillas por gramo.

Los colores de la testa varían del negro, rojizo y café parduzco hasta el blanco. El tipo de cubierta de la semilla va de cristalina, opaca, hasta brillante (Espitia, 1986). El color claro probablemente surgió como resultado de una mutación que fue seleccionada y multiplicada ya que éste se asocia a un mejor sabor del grano y mejor calidad del reventado (Mapes, 1986).

Dado el enorme potencial alimenticio del amaranto las principales investigaciones han sido las que se refieren al contenido nutricional del grano, o de la planta y sus posibles usos en el terreno industrial, como forraje, harina y complemento alimenticio Trinidad *et al.*, (1986). En cuanto al contenido proteico, tiene un promedio de 14.7% de entre el cual se incluyen aminoácidos esenciales, como la lisina y metionina; 3.1% de grasa y 60.7% de carbohidratos. Además es rico en minerales como Ca, P, y Fe así como en algunas vitaminas (riboflavina, niacina y vitamina C). Contiene 7 a 8% de humedad, 5% de aceite y el resto son cenizas y fibra cruda (Bourges, 1986).

2.8 Germinación

La germinación es un fenómeno importante en el ciclo de vida de las plantas ya que es determinante para su sobrevi-

vencia y posterior establecimiento. Debido al enorme interés en éste fenómeno se han desarrollado múltiples enfoques.

Desde la perspectiva agronómica se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables (Moreno, 1984). Este enfoque permite conocer tanto al productor como al consumidor de semillas la potencialidad de establecimiento del cultivo en el campo.

Botánicamente la germinación es la ruptura de los tegumentos seminales por la radícula (Fernández y Jhonston, 1986).

Morfológicamente es la transformación de el embrión en plántula.

Fisiológicamente es la reanudación del metabolismo y del crecimiento el cual fue recientemente activado iniciándose con la transcripción del genoma correspondiente. Bioquímicamente se considera como la diferenciación secuencial de las rutas de síntesis y degradación. En cereales existe un reestablecimiento de la integridad de la membrana, en la activación del ARN aunado a un aumento en la capacidad embrionaria para sintetizar proteína. Miltorphe y Moorbi (1979) señalan que estos acontecimientos se presentan en los minutos posteriores a la imbibición de la semilla. En las primeras 24 h el crecimiento se efectúa con la utilización

de aminoácidos, grasas y carbohidratos solubles almacenados en el embrión, el cual secreta de giberelina que difunde a las células de la aleurona y las estimula para que sintetizen y liberen enzimas hidrolíticas como la alfa-amilasa y la proteasa en el endospermo. Debido a lo anterior se produce glucosa fructuosa y maltosa, las cuales pasan por el escutelo donde se sintetiza la sacarosa que llega al embrión.

2.8.1 Factores que afectan la germinación.

2.8.1.1. Humedad

El contenido de humedad es uno de los factores más importantes que determinan la viabilidad, la capacidad de germinación y la madurez fisiológica de la semilla. El agua que contiene la semilla se clasifica en a) agua de absorción la cual se sitúa en los espacios intragranulares y poros del tejido vegetal, b) agua de adsorción, que se encuentra ligada al material por atracción molecular y c) agua de composición la cual está químicamente unida a los compuestos integrantes de las semillas (Moreno, 1984). Para determinar el contenido de humedad de las semillas por medio de la desecación, se remueve el agua hasta dejar únicamente la de composición.

2.8.1.2. Imbibición.

El primer paso que ocurre durante la germinación, es la absorción de agua Ching (1972), Bewley y Black (1978), Peterson y Cooper (1979), Koller (1980), Mayer y Poljakoff-Mayber, (1982), la cual puede durar desde varios minutos hasta algunas horas. La cantidad de agua absorbida está en

relación con el tamaño, la hidratabilidad, características químicas de las reservas alimenticias de la semilla, etc.

Además depende de la humedad presente en el ambiente, y de la facilidad que la semilla tenga para absorberla lo cual se reflejará finalmente en los porcentajes de germinación. La temperatura es quizá, el agente físico más importante en la velocidad de imbibición cuando la disposición de agua no es limitante.

El movimiento de agua en la célula genera flujos y una diferencia de potencial, el cual indica el nivel de energía de la misma, cuya difusión ocurre bajo una diferenciación de gradientes del mayor al menor y se expresa en términos de presión o de energía (bar, dina, atmósfera).

Bidwell (1979) señala que el potencial de agua (ΨM), que considera a las fuerzas que causan la imbibición o retienen el agua en cualquier tipo de matriz, más el potencial de presión (ΨP) y el potencial osmótico ($\Psi \pi$). El potencial de agua es una expresión de la fuerza de transporte del agua, y la célula absorberá ésta si el potencial de los alrededores es más alto.

La penetración de agua en el tejido de almacenamiento se efectúa de la epidermis a las células vasculares, a nivel celular las áreas próximas a la pared celular, al núcleo y a los espacios entre el tejido de almacenamiento se hidratan primero. Los organelos implicados en la absorción

miento de gránulos de almidón, reservas proteínicas y grasas solubles en agua (Ching, 1972).

2.8.1.3. Luz.

Luz.- Las diferentes respuestas de las semillas a la luz son una manifestación del fitocromo, que se ve afectado por tres espectros de luz: el rojo que promueve la germinación, mientras que el azul y el rojo lejano la inhiben (Bewley y Black, 1982). La terminación de la latencia y el control de la germinación se debe a modificaciones en el fotoequilibrio del fitocromo de las semillas fotoblásticas.

Chadoef-Hannel y Taylorson (1985), mostraron que la germinación de las semillas de Amaranthus es promovida por breves exposiciones a la luz blanca o roja e inhibida por la exposición continua a la luz blanca o al rojo lejano (360wcm en 700 a 800 nm). Concluyeron que esta sensibilidad a la luz permitiría manejar los períodos germinativos de Amaranthus albus en condiciones de laboratorio.

2.8.1.4. Gases

Gases.- La respiración de las semillas durante la germinación se produce a una tasa elevada predominantemente en las primeras etapas, donde es en gran parte anaeróbica dada la relativa impermeabilidad al oxígeno de sus tegumentos seminales. Una vez que se rompe la testa dicho proceso se vuelve aeróbico (Meger, 1966). La cantidad de oxígeno utilizado varía con el tipo de semilla. Otros gases como el nitrógeno y el bióxido de carbono también están involucra-

dos. En general la germinación de las semillas es influida por la composición atmosférica del medio (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1982).

2.8.1.5. Temperatura.

Temperatura.- Este es un factor determinante en el proceso de germinación pues se relaciona con la velocidad de absorción de agua y con los diversos cambios metabólicos que ocurren en el sistema, tanto si las fluctuaciones son producto del termoperíodo o de una temperatura constante. En relación a lo anterior se han definido términos como temperatura máxima, mínima y óptima, siendo esta última en la que se obtiene un mayor porcentaje de germinación en menor tiempo (Valverde, 1988). La variación de respuestas en un rango de temperatura está influida por el lugar de origen de las semillas en la inflorescencia, las diferencias genéticas entre individuos de la misma especie, y la edad de las semillas (Bewley y Black, 1982). En algunas especies el termoperíodo es un requerimiento indispensable para la germinación, entre otras, las fluctuaciones de la temperatura provocan el incremento de la velocidad de germinación así como del porcentaje final.

Golsworthy en Santiago (1988), indicó que la temperatura es uno de los factores primordiales en la germinación y desarrollo del maíz, debido a que determina la actividad fisiológica de las semillas, lo cual implica variación en la acción enzimática, la iniciación del crecimiento del embrión y la emergencia de la plántula.

Aparicio-Tejo et al. (1981) investigaron el efecto de la temperatura, la salinidad y el déficit hídrico en la germinación de semillas de Medicago sativa y Trifolium brachycalycinum en condiciones de laboratorio. Las semillas fueron incubadas a 5,15,25 y 35 °C durante 6 días a intervalos de 24 horas. Encontraron que independientemente de la temperatura tanto el porcentaje de germinación como la tasa de absorción de agua disminuyeron con el tratamiento de NaCl. A temperaturas elevadas solo hubo emergencia radicular en las semillas de alfalfa, mientras que T. brachycalycinum mostró mayor adaptación a temperaturas tan bajas como 5°C.

La semilla de amaranto requiere de condiciones de temperatura y humedad para germinar que varían según la especie. Las semillas frescas de A. retroflexus germinan aproximadamente a los 30°C mientras que las almacenadas lo hacen por debajo de los 20°C (Mayer Poljakoff-Mayber, 1982).

2.9 Salinidad

Las plantas tienen diferente tolerancia a la salinidad. Se denomina halófitas a aquellas que pueden crecer en altas concentraciones de sal, mientras que las glicófitas no toleran rangos superiores al 1.5% (Levitt, 1980). Sin embargo Stroganov (1964) indica que las glicofitas no pueden desarrollarse en presencia de contenidos de sal mayores de 0.3%. De lo anterior puede deducirse que es difícil comparar los límites reportados para la sobrevivencia a las sales por las siguientes razones: a) no hay un método patrón de

medida, b) existen cuando menos siete distintas unidades, c) los límites varían con las condiciones ambientales y el estado de desarrollo, d) el método de riego disminuye el estrés y provoca una variación en los límites, e) el tiempo de exposición no está estandarizado debido al daño directo de los tejidos expuestos a la sal. Algunas familias de plantas tienden a mostrar distintos niveles de sobrevivencia, el límite es bajo en leguminosas, medio en cereales y alto en algunas plantas forrajeras y textiles como el pasto de sudán, alfalfa, girasol y remolacha (Levitt, 1980). El margen de daño se indica por el cese del crecimiento y por la muerte de los tejidos en forma de necrosis o de quemaduras marginales seguidas de la pérdida de turgencia, caída de hojas y finalmente la muerte de la planta.

El estrés causado por la salinidad puede ser medido en unidades de presión (bar), potencial químico, actividad, conductividad eléctrica o simplemente concentración (molaridad, porcentaje, equivalentes químicos, etc.) Pasternack et al., (1979); Levitt, (1980). Si la concentración de sal es suficientemente alta para producir potencial de humedad de manera visible (0.5 a 1.0 bar), el estrés se considera como ocasionado por la sal.

Bernstein (1958) clasificó los efectos de la salinidad en osmóticos (estrés por falta de agua), nutricionales (desbalance de iones nutrimentales) y tóxicos (excesiva acumulación del ión).

Hay una relación directa e inseparable entre los efectos de la sal y el estrés del agua. El efecto osmótico es explicado por el decremento en la gradiente de presión de difusión entre el medio y el organismo. Debido a la adición de sales disminuye la disponibilidad de agua para la planta. La deshidratación puede ser una causa inmediata del daño ocasionado por la salinidad así como la depresión del crecimiento Bernstein y Hayward, (1958), Greenway y Munns, (1980). Otra forma de explicar la disminución del crecimiento se debe a la supresión en la absorción de nutrimentos debida a la competencia por sales que incrementa la acumulación o disminución de iones como K^+ , Ca^{++} , PO_4^- , Mg^{++} Guerrier, (1981).

Entre los cambios morfológico-fisiológicos de la célula en respuesta a las sales de NaCl, se encuentran efectos deletéreos en la membrana celular y reducción en la permeabilidad de la membrana en soya. La inducción del estrés por NaCl también causa alteraciones en la pared celular asociadas a la disminución del crecimiento. Alvarado, (1990). A nivel metabólico se ocasionan alteraciones en la respiración, metabolismo de las proteínas y actividad enzimática Greenway y Munns, (1980).

2.9.1. Tolerancia a la Salinidad.

Los mecanismos de tolerancia a la salinidad se clasifican en dos grupos: evasión y tolerancia Strogónov, (1964), Levitt, (1980).

La evasión se realiza mediante la exclusión (mecanismo

que impide la entrada de sal al vástago), la excreción se produce por bombeo activo de iones y en ocasiones por la presencia de glándulas salinas y tricomas que sirven como reservorios para la acumulación de sal.

La dilución de sales es un mecanismo presente en plantas suculentas como *Salicornia* sp. Strogonov (1964) menciona que probablemente se deba a una alta extensibilidad de las paredes celulares. Greenway y Munns, (1980) han señalado que la capacidad de acumular y compartimentalizar iones puede ser resultado de cambios en la permeabilidad de la membrana por gradientes electroquímicos y por selectividad de la membrana. El ajuste osmótico se produce al bajar el potencial osmótico de la célula debido a la producción de altas concentraciones internas de solutos, como ácidos orgánicos aminoácidos azúcares y osmoprotectantes. En general los mecanismos de exclusión son efectivos a niveles de salinidad bajos y moderados (Alvarado, 1990).

Shannon, (1980), Greenway y Munss, (1980), Alvarado, (1990), han señalado que las especies difieren en sus mecanismos de tolerancia al NaCl. *Citrus sinensis* muestra una exclusión parcial de NaCl como adaptación y *C. aurantium* acumula sal tanto en células adaptadas como en las no adaptadas.

2.9.2 La salinidad durante la germinación.

La salinidad afecta a la germinación en dos formas: a) creando un potencial osmótico que impide la absorción de

agua cuyo efecto puede ser directo sobre las membranas externas o atravesar las membranas dentro del protoplasto.

b) proporcionando las condiciones para la entrada de iones que pueden ser tóxicos durante el desarrollo de la plántula Mckimmie y Dobrenz, (1987); Bewley y Black, (1982); Pearce Pinto *et al.*, (1990). La germinación es afectada en gran medida por la salinidad debido al efecto osmótico. Al aumentar el contenido de sales (en la mayoría de las glicofitas 100 mM), se produce apertura de los tegmentos por lo que la hidratación de los tejidos es retardada lo mismo que la velocidad de germinación, además se ha reportado daño directo sobre la plántula Pasternack, *et al.*, (1979). Por otra parte la germinación en relación con la salinidad se ve afectada por la edad de la semilla disminuyendo el porcentaje de emergencia al aumentar aquella.

Guerier (1981) evaluó la germinación de semillas de rábano en diferentes tipos de sales orgánicas e inorgánicas. Las sales minerales de sodio mostraron ser menos tóxicas que el salicilato o el barbital. El medio de NaCl fue más dañino que el de CaCl₂ y que el KCl. Concluyeron que la acción tóxica del anión o del catión es más grande que la causada por el efecto de la presión osmótica.

Más tarde Carlon *et al.*, (1983), estudiaron el desarrollo de 15 cultivares de alfalfa con capacidad para germinar bajo condiciones de estrés salino. Estos se pusieron sobre agar conteniendo distintas concentraciones de NaCl, con el objeto de seleccionar los más resistentes. Dichos cultivares mostraron diferencia significativas en sus por-

centajes de germinación, los cuales disminuyeron al aumentar la concentración de NaCl, siendo "Ladak 65" es de mejor respuesta.

En experimentos posteriores Ashraf y Rasul (1988), probaron la tolerancia de dos cultivares de *Vigna radiata* L. AUMg 588 y Mg 6601 con distintas concentraciones de NaCl y CaCl₂ durante la germinación y el estado de plántula. Encontraron que incrementos en la concentración de sal reducen el porcentaje de germinación, peso fresco y seco, contenido de carbohidratos y proteína de todas las partes de la planta en ambos cultivares.

Smith *et al.*, (1989), midieron los efectos posteriores de tres generaciones de alfalfa tolerantes a tres concentraciones de NaCl, multiplicadas en un sitio no salino y sometidas nuevamente a la sal. La selección natural durante la reproducción de las semillas produjo un aumento en la velocidad de germinación y la longitud de la radícula, ésta última resultó ser un buen parámetro para medir la tolerancia al NaCl en alfalfa.

2.10. Emergencia.

En lo referente a los mecanismos de germinación y emergencia de las semillas se pueden diferenciar dos grupos a) aquellas cuyos cotiledones emergen de la semilla (hipógea) y b) en la que los cotiledones quedan permanentemente en ésta (epígea). En el primer caso la germinación se inicia con la hinchazón que rompe la testa, posteriormente

emerge la raíz primaria que se desarrolla en la parte terminal inferior del hipocótilo (ésta es la primera estructura que tiene contacto con el exterior), en tanto que la raíz primaria se hunde en el suelo y se desarrollan las raíces secundarias; los pelos radicales se alargan y el hipocótilo es arrastrado hacia arriba junto con los cotiledones que se separan a los lados de la plúmula, de la que se derivará el tallo y las hojas de la plántula. En el segundo caso, la elongación del hipocótilo no se produce y los cotiledones permanecen en la semilla, la raíz primaria se alarga al comienzo del proceso mientras que la plúmula se eleva a través del suelo debido a la elongación del epicótilo (Meger, 1966).

Shannon (1985) ha señalado que los efectos de la salinidad varían con la etapa de desarrollo. En este sentido la respuesta germinativa de la semilla de diferentes especies en condiciones salinas difiere en sus patrones de emergencia. Bernstein y Hayward (1958) mencionan que el incremento en la salinidad en alfalfa retarda la germinación y la emergencia. Contrariamente a cultivos que invierten hasta el doble de tiempo en germinar, la alfalfa genera disminuciones de igual magnitud cuando el valor de C.E. (Conductividad Eléctrica) en mmhos es de 8.7 a los siete días y de 9.0 a los 15. Esto indica que con los valores de C.E. anotados hay un decremento hasta de un 50% de emergencia de las plántulas, lo cual señalaría una sensibilidad a la salinidad en las primeras etapas del desarrollo.

El-Sharkawi y Springel (1979), observaron los efectos

de la disminución del potencial osmótico del agua inducido por el incremento de la salinidad y la temperatura y su interacción sobre cultivos de trigo, sorgo y cebada. Concluyeron que las semillas y partes de la plántula responden de forma distinta a la reducción del potencial de agua, siendo la emergencia de la plúmula más sensible que la emergencia de la radícula. La interacción de la salinidad con la temperatura sobre la emergencia de la plúmula fue estadísticamente significativa al 0.05%.

III. MATERIALES Y METODOS.

Material biológico. Semillas de *A. hypochondriacus* tipos Azteca, Mercado y Montecillo y de *A. cruentus* tipos Enano y Frondoso proporcionadas por el Dr. Trinidad Santos, del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados.

Prevía a la caracterización, se realizó una limpieza de las semillas con un separador neumático el cual eliminó las vanas, secas, de menor peso y la materia inerte, quedando solamente la semilla de tamaño uniforme, con la cual se realizó el presente trabajo.

3.1.1. Determinación del color

El color fue determinado a partir de una muestra de semillas de amaranto tomadas al azar. Se evaluaron nueve muestras de cien semillas de cada tipo y se identificó el tono correspondiente en la carta de colores Munsell, (1977).

3.1.2. Forma de la semilla y aspecto de la testa.

La evaluación del aspecto de la testa y forma de la semilla se llevó a cabo a través de apreciación visual. Para ello se utilizaron nueve repeticiones de cien semillas seleccionadas al azar.

3.1.3. Determinación del peso.

Se pesaron nueve muestras de cien semillas de cada tipo en una balanza analítica Metler (Tipo H5 cap 160g No.12351)

3.2 Caracterización de parámetros fisiológicos

3.2.1. Contenido de humedad.

Para estimar el contenido de humedad se usaron cuatro muestras de cien semillas de cada tipo, que fueron pesadas previamente y colocadas en una estufa Blue M Electric Co. modelo 200 a 60°C, hasta que alcanzaron peso constante.

3.2.2. Prueba de imbibición.

Se usaron nueve muestras de cien semillas de cada tipo seleccionadas al azar, las cuales se pesaron para luego ser colocadas en cajas de Petri desechables de 90x15 mm sobre discos dobles de papel secante. A las semillas se les adicionaron tres ml de agua destilada, las cajas se colocaron en una charola cubierta con plástico para evitar la pérdida de humedad y dar un ambiente de oscuridad, durante doce horas a una temperatura de $18\pm 3^{\circ}\text{C}$. Después de dicho período se pesaron nuevamente para determinar la diferencia en peso causada por la absorción de agua.

3.2.3. Porcentajes de germinación.

La evaluación de los porcentajes de germinación se realizó a partir de nueve muestras de cien semillas de cada tipo, las cuales fueron colocadas en cajas de Petri desechables de 90 x 15 mm sobre discos dobles de papel secante humedecidos con tres ml de agua destilada. Luego se acomodaron en una charola cubierta con plástico negro para evitar la presencia de luz a $18\pm 3^{\circ}\text{C}$. Transcurridas 72 h se contaron

las que hubieron germinado.

3.2.4. Porcentajes de germinación a diferentes concentraciones de NaCl.

3.2.4.1. Porcentaje de germinación a $28 \pm 3^{\circ}\text{C}$

En la determinación del porcentaje de germinación de los cinco tipos fueron utilizadas muestras de cien semillas, las cuales se distribuyeron sobre discos dobles de papel secante humedecidos con tres ml de agua para el testigo y de solución de NaCl (grado reactivo, marca Sigma), de las siguientes concentraciones 51.3, 102.7, 154.0, 342.0 y 513.0 mM. Cuatro muestras de 100 semillas por concentración de NaCl fueron incubadas a una temperatura de $28 \pm 3^{\circ}\text{C}$, en una charola envuelta con plástico oscuro, las evaluaciones se realizaron cada 24 h.

3.2.4.2. Porcentaje de germinación a $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$

Se procedió en la forma indicada en el inciso 3.3.1. Las evaluaciones se realizaron cada 6 h.

3.2.5. Cinéticas de germinación a diferentes tiempos.

En la implementación de las cinéticas de germinación con NaCl 51.3 se emplearon cuatro muestras de cien semillas de los tipos Azteca, Mercado, Montecillo, Enano y Frondoso las cuales fueron distribuidas sobre discos dobles de papel secante humedecidos con tres ml de solución salina y una muestra con agua destilada, en cajas Petri desechables de 90 x 15 mm. Estas se colocaron en una charola envuelta con una

bolsa de plástico negro.

En el experimento D el proceso de germinación se inició a las 6:30 y se evaluó a las 12,24,30,36,48,54,60 y 72 h y en el otro, (N) el proceso se inició el mismo día a las 18:30 (N) y se evaluó a las 12,18,24,36,42,48,60 y 72 h. Las semillas que fueron germinando se ubicaron en cajas de Petri subdivididas indicándose el tiempo en que germinaron y se conservaron en las mismas condiciones de salinidad, humedad y temperatura para observar su desarrollo.

3.2.6 Cinéticas de germinación después de pretratamientos en soluciones hipertónicas de NaCl.

Para las cinéticas de germinación de los cinco tipos de amaranto incubados en soluciones de NaCl 171.0, 342.0, 513.0 mM durante 24, 48 y 72h se procedió de la manera señalada en el inciso 3.2.4 ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$). Una vez que se efectuaron todas las determinaciones las semillas se lavaron dos veces con agua corriente y dos con agua destilada, acomodándolas nuevamente sobre discos dobles de papel secante humedecidos con tres ml de agua destilada. Las evaluaciones de germinación se realizaron cada seis horas.

3.2.7 Prueba de imbibición en condiciones de salinidad.

En esta prueba se pesaron, cuatro muestras de cien semillas de cada tipo y después se colocaron en cajas de Petri desechables de 90 x 15 mm sobre discos dobles de papel secante humedecidos con soluciones 171.0, 342.0 y 513.0 mM de NaCl durante 12 h. Transcurrido este tiempo se pesaron

nuevamente determinándose la diferencia.

3.2.8. Cinéticas de germinación y emergencia.

Se procedió en la forma especificada en el inciso 3.2.5. En el grupo A las semillas germinadas en los tiempos de observación se pasaron inmediatamente a macetas con tierra estéril humedecidas con agua destilada y se etiquetaron y en el otro B, las semillas germinadas a los tiempos de observación se identificaron y al término del período de incubación (42h) se transfirieron a las macetas con tierra. La emergencia se determinó a los 7 días, utilizando tres criterios: plántulas vigorosas (mayores de 3.5 cm), medianas menor de 3.5 cm y mayores de 2 cm y débiles, menores de 2 cm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del color, forma y aspecto de la testa.

La primera aproximación al conocimiento de la uniformidad de los cinco tipos de amaranto con los que se trabajó, se realizó con base en la descripción de su apariencia. En los tipos pertenecientes a A. hypochondriacus se encontró mayor heterogeneidad en las tonalidades de la testa, sin embargo, ambas especies fueron de cubierta amarilla opaca y con pigmentos no hidrosolubles (Cuadro 1), lo cual concuerda con la descripción hecha por Alexander, (1973); y Espitia, (1987). En México las especies de amaranto que se siembran para obtener grano no han estado sujetas a una fuerte selección, por lo que los integrantes muestran amplia variación manifiesta en la gran diversidad de colores de la cubierta y tamaño de la semilla Ruskin (1984); Joshi (en Alejandrè y Gómez, 1986); Hauptly, (1986). Este último autor menciona la intervención de al menos tres genes que determinan la variación del color de la semilla la cual continúa a lo largo del desarrollo de la planta.

4.1.2. Peso.

Otro parámetro de interés en la descripción de la semilla es el peso. En la primera muestra analizada, los tipos correspondientes a A. hypochondriacus mostraron mayor variación con referencia a los de A. cruentus, siendo Montecillo el más variable (Cuadro 2).

Sin embargo, los valores obtenidos no difirieron de los reportados por Suárez, (1986) para Amaranthus spp. Puesto

que los rangos de variación se acercaron a la categoría de relativamente uniformes según la clasificación de Reyes, (1986) se decidió evaluar otra muestra de semillas la cual se ubicó nuevamente en la mencionada categoría, a excepción de Montecillo quien continuó siendo el más variable (Cuadro 2 y Figura 1).

CUADRO No 1. Descripción de tres tipos de semillas de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus según color, aspecto de la testa y forma de la semilla.

| | <u>A. hypochondriacus</u> | | | <u>A. cruentus</u> | |
|--|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | AZTECA | MERCADO | MONTECILLO | ENANO | FRONDOSO |
| 1) COLOR DE SEMILLA. | AMARILLO 25Y (86/6) 97.2% | AMARILLO 25 (8/6) 97.1% | NEGRO ROJIZO 10R 2 94.3% | AMARILLO 25 (8/6) 100% | AMARILLO 25Y (8/6) 100% |
| | AMARILLO 25YR(86/6) 2.8% | AMARILLO 10Y(8/6) 2.9% | NEGRO OSCURO R 3/2 5.7% | | |
| 2) DISTRIBUCION DEL COLOR EN LA SEMILLA Y PORCENTAJE | UNIFORME | UNIFORME | UNIFORME | UNIFORME | UNIFORME |
| | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 3) ASPECTO DE LA TESTA Y PORCENTAJE | OPACO 100% | OPACO 100% | BRILLANTE 100% | OPACO 100% | OPACO 100% |
| 4) FORMA DE LA SEMILLA Y PORCENTAJE | ESFERICA 100% | ESFERICA 100% | ESFERICA 100% | ESFERICA 100% | ESFERICA 100% |

CUADRO No. 2. Peso Promedio de cien semillas (mg) de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus. A) Muestra 1 B) Muestra 2.

A) Muestra 1

| Especie | <u>A. hypochondriacus</u> | | | <u>A. cruentus</u> | |
|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------------|-------|
| | Tipos | Arteca | Mercado | Montecillo | Enano |
| \bar{X} | 105.7 | 93.3 | 96.2 | 99.9 | 91.4 |
| S | 6.3 | 4.7 | 8.2 | 3.5 | 2.6 |
| CV(%) | 5.9 | 5.0 | 8.5 | 3.5 | 2.9 |

B) Muestra 2

| Especie | <u>A. hypochondriacus</u> | | | <u>A. cruentus</u> | |
|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------------|-------|
| | Tipos | Arteca | Mercado | Montecillo | Enano |
| \bar{X} | 107.5 | 98.4 | 89.3 | 101.7 | 92.5 |
| S | 5.0 | 3.9 | 6.6 | 1.5 | 2.7 |
| CV(%) | 4.6 | 4.0 | 7.4 | 1.5 | 2.9 |

Cabe aclarar que los datos anteriores se obtuvieron para semillas en las que el proceso de limpieza y selección descrito en la metodología, redujo la apreciación de la variación natural, por tanto para la interpretación de la uniformidad referida debe tomarse en cuenta lo anterior.

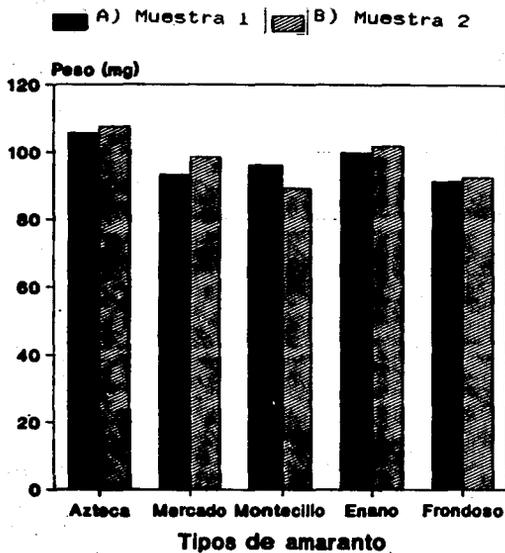


Fig. 1. Peso de cien semillas (mg) de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*. A) Muestra 1. B) Muestra 2.

Aunque los pesos de los cinco tipos se ubicaron en la misma categoría puede observarse en el Cuadro 2, mayor variación en los pertenecientes a las especies *A. hypochondriacus*, por lo que los datos de peso de Azteca y Mercado se compararon con los de Enano y Frondoso (Prueba de T de grupos sorteados) y no se encontró diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los valores de ambas especies. Suarez, (1986) reporta que en un gramo de semillas de amaranto se encuentran de mil a tres mil de éstas, lo que indica una gran variación en el tamaño de las mismas antes de seleccionarse. En relación a lo anterior Feine *et al.*, (en Alejandre y Gómez, 1986) indicaron que el peso de la semilla de amaranto oscila entre 0.006 y 0.009 g, lo que significa que las semillas elegidas para este experimento fueron las de mayor peso.

4.1.3. Contenido de Humedad.

Además de lo anterior, el contenido de humedad puede relacionarse con el estado de madurez fisiológica de la semilla en cada etapa, lo cual está vinculado con su viabilidad. Para las especies comerciales de amaranto se han reportado porcentajes de 6 a 11% de humedad Alejandre y Gómez, (1986); Bourges, (1986). Los tipos estudiados en el presente trabajo se ubicaron dentro de este rango puesto que se encontraron entre 7.4% (Montecillo) y 8.6% (Enano) (Cuadro 3).

Desde de la perspectiva agronómica existe un rango

Óptimo de humedad de la semilla para el almacenamiento, el cual se modificará según el cultivo. Altos niveles de humedad pueden inhibir la germinación y propiciar el desarrollo de patógenos, y niveles muy reducidos provocan la inactivación de los sistemas que sustentan la viabilidad; en ambos casos el resultado final es el deterioro de la semilla.

CUADRO No.3. Porcentaje de humedad de cien semillas de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*.

| Especie | <i>A. hypochondriacus</i> | | | <i>A. cruentus</i> | |
|-------------|---------------------------|---------|------------|--------------------|----------|
| Tipos | Azteca | Mercado | Montecillo | Enano | Fronroso |
| Humedad (%) | 7.9 | 8.4 | 7.4 | 8.6 | 7.4 |

4.2. Prueba de Imbibición.

Cuando la semilla es colocada en condiciones de humedad suficiente y no está sujeta a ningún tipo de latencia, comienza a incorporar agua del ambiente. La cantidad y velocidad de agua que se absorba dependerá tanto de la composición química de la semilla como de la temperatura Koller y Hadas, (1980). En los tipos de amaranto pertenecientes a *A. hypochondriacus*, se pudieron observar diferencias significativas en el peso de las semillas después de la imbibición (Cuadro 4 y Figura 2), puesto que el tipo Azteca puesto que el tipo Azteca mostró una ganancia en peso de 102.4%, Mercado 74.0% y Montecillo 60.6%. En contraste los tipos de *A. cruentus* fueron más homogéneos entre sí ya que en Enano del 93.0% y en Fronroso del 87.5%.

CUADRO No. 4. Relación de peso e imbibición de cien semillas de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus.

| Especie | <u>A. hypochondriacus</u> | | | | | | <u>A. cruentus</u> | | | | | |
|-----------|---------------------------|------|--------|------|---------|------|--------------------|------|-------|------|---------|----|
| | Tipos | | Azteca | | Mercado | | Montecillo | | Enano | | Fronoso | |
| Peso/Imbi | PI | IM | PI | IM | PI | IM | PI | IM | PI | IM | PI | IM |
| \bar{X} | 97.3 | 99.7 | 98.3 | 72.8 | 80.5 | 48.8 | 98.7 | 92.1 | 90.8 | 79.5 | | |
| S | 4.2 | 10.3 | 3.8 | 9.4 | 2.8 | 11.7 | 2.5 | 17.3 | 2.5 | 17.9 | | |
| CV (%) | 4.4 | 10.4 | 3.8 | 12.9 | 3.5 | 23.5 | 2.6 | 18.8 | 2.8 | 22.6 | | |

PI = Peso inicial de la semilla
 IM = Ganancia en peso después de la imbibición

Dado que no se encontraron diferencias significativas en el tamaño y peso de las semillas de los tipos de amaranto empleados, se podría pensar que la variación en la capacidad de imbibición puede deberse a diferencias tanto en la proporción de los componentes estructurales de las semillas (testa-cotiledón-endospermo) como en la composición química de éstas, ya que en el caso de las semillas de alfalfa González et al., (en Aparicio-Tejo et al., 1981) atribuyeron esta divergencia de imbibición a la presencia y proporción de galactomananas en el endospermo, las cuales aumentan la posibilidad de embeber agua y reducen la sensibilidad de la semilla al déficit hídrico del suelo.

4.2.1. Porcentajes de Germinación.

Los resultados obtenidos muestran que tanto los tipos de A. hypochondriacus como los de A. cruentus estudiados, tuvieron porcentajes de germinación superiores al 92% ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) a excepción de Mercado (Cuadro 5).

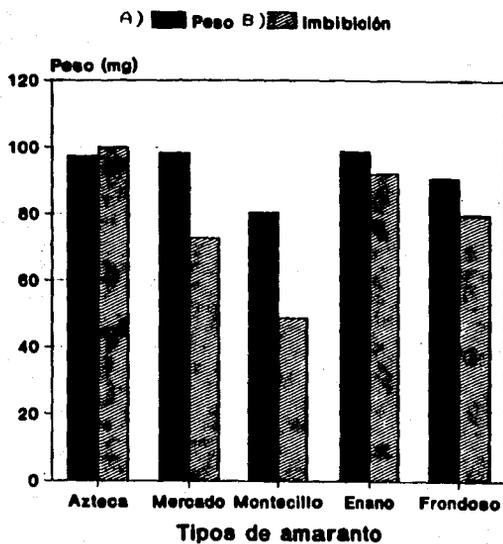


Fig. 2. Diferencia de peso (mg) causada por la imbibición de cien semillas de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*. A) Muestra 1, B) Muestra 2. ($18 \pm 3^\circ\text{C}$).

Estos datos coincidieron con los obtenidos por Alejandro y Gómez, (1986) para *A. spp.* (25°C) quienes reportaron valores promedio de germinación del 95%.

CUADRO No.5. Porcentaje de germinación de cien semillas de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* a $18\pm 3^{\circ}\text{C}$.

| Especie | <i>A. hypochondriacus</i> | | | <i>A. cruentus</i> | |
|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------------|-------|
| | TIPOS | AZTECA | MERCADO | MONTECILLO | ENANO |
| \bar{X} | 96.5 | 83.6 | 92.4 | 96.1 | 99.1 |
| S | 1.4 | 4.5 | 2.9 | 2.3 | 0.7 |
| C.V.(%) | 1.4 | 5.4 | 3.2 | 2.4 | 0.7 |

El haber encontrado altos porcentajes de germinación en las semillas podría indicar que la cantidad de humedad de éstas se localizó en el rango óptimo de almacenamiento, por lo que su viabilidad no se vió afectada. En referencia a lo anterior Aparicio-Tejo *et al.*, (1981) mencionaron que existe relación entre la cantidad de agua que la semilla puede imbibir y el grado de humedad presente en la misma. Aunque estadísticamente no se encontró significancia en esta relación para los tipos estudiados (Prueba de T. de grupos sorteados), sería interesante profundizar más en el tema en trabajos posteriores.

De los experimentos anteriores puede señalarse que los tipos de semillas empleados en el presente trabajo tuvieron un rango de respuestas definido y uniforme entre si, inclu-

yendo a Montecillo que fue el más heterogeneo en color, aspecto de la testa tamaño e imbibición.

4.3. Porcentaje de germinación en condiciones de salinidad.

En esta parte del trabajo se evaluó la germinación de los cinco tipo de amaranto a $28\pm 3^{\circ}\text{C}$ y a $26\pm 3^{\circ}\text{C}$ empleando diferentes concentraciones de NaCl. A $28\pm 3^{\circ}\text{C}$, la semilla tipo Mercado que permaneció en 512.0 y 342.0 mM de la solución salina, solo germinó en un 6.0 y 3.0% respectivamente (Cuadro 6).

Con 154.0 mM, las semillas de Frondoso y Montecillo alcanzaron un 34.3 y 37.6% respectivamente, las de Azteca un 30%, Enano 18.3% y Mercado el 4.0%. Las plántulas obtenidas de semillas de amaranto germinadas a esta concentración tuvieron una apariencia muy frágil y mostraron una altura menor con respecto a las del testigo. En las semillas sometidas a 102.7 mM de NaCl los valores más altos los presentaron los tipos Frondoso (91.0%), Azteca (81.0%) y Enano (71.6%), y los más bajos Montecillo (56.6%) y Mercado (37.6%) lo que indicaría que éste último fue el más sensible a dicha concentración. Las plántulas desarrolladas a partir de las anteriores semillas mostraron el hipocótilo más delgado y radícula pequeña con respecto al testigo.

En lo referente a la germinación con 51.3 mM de NaCl se observó un aumento en los porcentajes de germinación de

CUADRO No. 6. Porcentaje de cien semillas de tres tipos de amaranto pertenecientes a *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* a diferentes concentraciones de NaCl (mM) en cajas de Petri a 28±3°C.

| | | <u><i>A. hypochondriacus</i></u> | | | <u><i>A. cruentus</i></u> | |
|-----------|----------------------------|----------------------------------|---------|------------|---------------------------|----------|
| TIPOS | CONCENTRACION DE NaCl (mM) | AZTECA | MERCADO | MONTECILLO | ENANO | FRONDOSO |
| \bar{x} | 51.3 | 98.0 | 72.6 | 67.6 | 94.0 | 97.3 |
| S | | 0.8 | 3.7 | 5.5 | 0.8 | 1.2 |
| C.V.(%) | | 0.83 | 5.1 | 8.0 | 0.8 | 1.2 |
| \bar{x} | 102.7 | 81.0 | 37.6 | 56.6 | 71.6 | 91.0 |
| S | | 9.9 | 8.0 | 3.6 | 15.6 | 1.6 |
| C.V.(%) | | 12.2 | 21.3 | 6.4 | 21.8 | 1.7 |
| \bar{x} | 154.0 | 30.0 | 4.0 | 37.6 | 18.3 | 34.3 |
| S | | 35.0 | - | 8.2 | 8.7 | 4.7 |
| C.V.(%) | | 11.8 | - | 21.8 | 47.6 | 13.9 |
| \bar{x} | 342.0 | - | 3.3 | - | - | - |
| \bar{x} | 513.0 | - | 6.0 | - | - | - |

Nota: Los valores del testigo se incluyen en el cuadro 7.
Estos valores son promedio de dos repeticiones

todos los tipos probados y en el caso de Azteca (98%), Enano (94%) y Frondoso (97.3%), éstos llegaron a ser tan altos como los de los testigos (Cuadro 6). Sin embargo, para este tratamiento el tipo más sensible fue Montecillo (67.6%).

En el cuadro 7 se indican los porcentajes de germinación registrados a $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y 154.0 mM de NaCl para los cinco tipos de amaranto (Figura No.3).

En Azteca y Enano no se tuvieron semillas germinadas, en Montecillo y Frondoso los totales fueron menores al 1.3%, mientras que en Mercado se alcanzó el 6.8%. Si se comparan estos valores con los correspondientes para cada tipo del Cuadro 6, puede observarse un aumento en Enano y Frondoso los cuales tuvieron porcentajes entre 18.3% y 35.3% respectivamente, mientras que en Mercado se redujeron hasta el 4%. Cabe señalar la notable diferencia entre ambos resultados lo que podría deberse a la variación en la temperatura. Esta discrepancia se mantuvo a lo largo del experimento para todos los tipos y las restantes concentraciones.

Con 102.7 mM aumentaron los porcentajes de germinación, oscilando entre 6.8% (Azteca) y 34.1% (Montecillo), pero estos valores no fueron significativos al compararlos con los de $28 \pm 3^{\circ}\text{C}$, en donde se registraron porcentajes mucho más altos en un rango de 37.6% (Mercado) a 91% (Frondoso).

Con 51.3 mM se obtuvieron incrementos hasta del 100% siendo Azteca el que registró el mayor ascenso en referencia a la concentración anterior pues pasó de 6.8 a 65.8%. En comparación con los datos del cuadro 6 donde los incrementos oscilaron entre 16 y 50% para todos los tipos, puede notarse una mayor heterogeneidad en los resultados de las semillas germinadas a $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (Cuadros 6 y 7).

CUADRO No. 7. Germinación de cien semillas de tres tipos de amaranto pertenecientes a *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* en agua (1) y en solución de NaCl 51.3 mM. (2), 102.7 mM (3), 154 mM (4), en cajas de Petri 26±3°C.

| Hora | <i>A. hypochondriacus</i> | | | | | | | | | | | | <i>A. cruentus</i> | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-----|-----|---------|------|------|-----|------------|-------|------|-----|--------------------|------|------|-----|----------|-------|------|-----|
| | AZTECA | | | | MERCADO | | | | MONTECILLO | | | | ENANO | | | | FROMDOSO | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12 | 48.3 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 33.0 | 11.3 | 6.6 | 2.3 | 17.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 16.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 18 | 49.5* | 40.3 | 1.3 | 0.0 | 40.5* | 5.6 | 0.6 | 0.6 | 83.0* | 40.3 | 4.6 | 0.3 | 72.0* | 23.0 | 2.3 | 0.0 | 89.5* | 8.6 | 0.0 | 0.0 |
| 24 | 2.2 | 18.0* | 4.6 | 0.0 | 13.0 | 7.3 | 1.3 | 2.0 | 0.0 | 27.0* | 10.0 | 0.0 | 4.0 | 22.6 | 6.0 | 0.0 | 9.0 | 22.6 | 6.3 | 0.3 |
| 36 | 0.0 | 1.3 | 0.6 | 0.0 | 2.5 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 0.0 | 10.0 | 16.6 | 0.0 | 7.5 | 3.3 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 38.6* | 10.0 | 0.3 |
| 42 | | 4.3 | 0.3 | 0.0 | | 2.0 | 0.3 | 0.0 | | 0.3 | 1.6 | 0.3 | | 2.0* | 0.0 | 0.0 | | 6.3 | 4.7 | 0.0 |
| 48 | | 0.6 | 0.0 | 0.0 | | 1.6 | 0.6 | 0.6 | | 0.0 | 1.3 | 0.6 | | 1.0 | 0.0 | 0.0 | | 2.3 | 1.6 | 0.0 |
| TOTAL | 100.0 | 65.8 | 6.8 | 0.0 | 89 | 30.1 | 11.0 | 6.8 | 100.0 | 79.1 | 34.1 | 1.2 | 99.5 | 52.9 | 13.9 | 0.0 | 100.0 | 78.4 | 22.6 | 0.6 |

* Hora a la que se obtuvo cuando se nos el 50% de semillas germinadas.
Estos valores son promedios de dos repeticiones.

En base a lo anterior puede señalarse una tendencia a incrementar la germinación de las semillas de amaranto al disminuir la concentración de NaCl, y a tener una respuesta más heterogénea al reducirse la temperatura por abajo del óptimo.

Cabe aclarar que el tipo Mercado fue el único que mostró protusión de la radícula a altas concentraciones de NaCl, aunque esto no debe considerarse como germinación pues la semilla no se desarrolló hasta plántula y según Govea

(1983), lo anterior podría deberse a un fenómeno mecánico.

Valverde (1988), señala que la temperatura óptima para un ensayo es aquella en la que se obtiene el mayor número de semillas germinadas en el menor tiempo. En el presente trabajo ésta fue de $28 \pm 3^\circ\text{C}$. Al respecto Reyna, (1986) menciona que el amaranto tiene un buen desarrollo en lugares cálidos con temperaturas promedio de 29°C y uniformes todo el año como en Atoyac, Gro. De lo anterior se desprende una concordancia entre los resultados encontrados en laboratorio y los de campo.

Los datos anteriores mostraron que oscilaciones en la temperatura hasta de 2°C con respecto a la óptima ocasionaron amplias diferencias entre los valores totales de germinación de las semillas de amaranto (Cuadro 6 y 7).

Es importante diferenciar los efectos debidos a la salinidad de los causados por la temperatura. En el caso del presente trabajo los resultados indicarian que la reducción de los porcentajes de germinación pudo deberse a una combinación de ambos pues al germinar las semillas a temperatura óptima ($28 \pm 3^\circ\text{C}$) los porcentajes obtenidos fueron más altos que a $26 \pm 3^\circ\text{C}$ en todas la concentraciones probadas. Koller, (1972), señaló que la reducción en al velocidad de germinación se debe probablemente, a la disminución o inhibición de la actividad enzimática pues muchas de ellas son temperatura-dependientes. Asimismo, Aparicio-Tejo et al., (1981) encontraron que tanto el porcentaje de

germinación como la tasa de absorción de agua de las semillas de Medicago sativa y Trifolium brachycalycinum disminuyeron con el tratamiento de NaCl, independientemente de la temperatura. A temperaturas elevadas sólo hubo emergencia radicular en las semillas de alfalfa.

Por otra parte debe considerarse que los resultados de los porcentajes de germinación de las semillas de amaranto con las que se trabajó, se obtuvieron en condiciones de temperaturas alternantes lo cual podría tener algún efecto en la germinación pues Koller, (1972) ha señalado que semillas de Typha latifolia y Cynodon dactylum germinaron mejor bajo un régimen de temperaturas diurnas alternantes, lo cual atribuyó a modificaciones tanto metabólicas (velocidad de erosión y disposición de los intermediarios acumulados durante los períodos de alta temperatura) como mecánicas (escarificación de la testa debido a su proceso de la dilatación y contracción).

Además de lo anterior, la diversidad de respuestas en relación a la temperatura puede deberse a diferencias entre genotipos ya que Matthews y Hayes, (1982) han visto que en cultivos de soya tanto los valores de germinación como las de emergencia mostraron diferencias significativas (α 0.05) en la interacción entre cultivar por temperatura. Sin embargo en las semillas de amaranto se observó un patrón general de respuestas de todos los tipos a 26 y $28 \pm 3^\circ\text{C}$ siendo en ambos casos, Mercado el más sensible y Frondoso el más tolerante.

En lo referente a la germinación en solución salina se observó una respuesta diferencial de los cinco tipos de amaranto a cada concentración probada. En base a lo anterior Shannon, (1980) ha señalado dos clases de interacción entre el genotipo y el ambiente. La primera sucede porque algunos factores ambientales pueden modificar positiva o negativamente los efectos de la salinidad, tal sería el caso de la temperatura. La otra se debe, a la relación genotipo-ambiente pues el genotipo de mejor respuesta a una concentración no lo es a otra, como puede observarse en los resultados de los cuadros 6 y 7 para las dos temperaturas y las tres concentraciones utilizadas. Lo anterior podría implicar que los mecanismos que previenen el daño en la semilla son distintos a cada concentración.

Por otra parte la variación de respuestas entre los integrantes de cada tipo estudiado se fue reduciendo al hacerlo la concentración de NaCl, lo cual se evidencia por la disminución en los valores de C.V. y desviación estándar obtenidos. Los mayores porcentajes de germinación se registraron para las semillas que estuvieron en condiciones libres de sal, siendo ésta una característica de las plantas glicofitas.

En relación a lo anterior Strogonov (1964), señaló que las glicofitas cesan su crecimiento a concentraciones de sal no mayores de 0.3 mM mientras que Levith indicó el 1.5%. Los rangos antes especificados muestran que es difícil comparar los límites de sobrevivencia de las plantas a las

sales pues existe una gran variedad de criterios en los métodos de medida, unidades y condiciones de realización de los ensayos que no se precisan. Sin embargo en base a las respuestas de los tipos de amaranto estudiado a las distintas concentraciones de NaCl, estos podrían ubicarse en el rango correspondiente a una planta glicófita.

4.4. Cinéticas de germinación a diferentes tiempos.

En la siguiente parte del trabajo se pretendió conocer la germinación de las semillas de los cinco tipos de amaranto en agua (a) y en solución 51.3 mM de NaCl, (s) a distintos tiempos para determinar sus cinéticas de germinación. Para ello se formaron dos grupos. En el D se inició el experimento a las 6:30 h mientras que en el N fue a las 18:30 ($18 \pm 3^\circ\text{C}$). En el grupo D se observó que cuando menos el 50% de las semillas de los tipos Montecillo y Azteca germinó en agua destilada (a) en 30h, mientras que en solución salina (s) el primero lo hizo en 36h y el segundo no obtuvo este valor en el transcurso de las 72 h que duró la prueba (Cuadro 8).

Ambos tipos presentaron el pico de máxima germinación a las 24h. (a) mientras que en solución salina fue hasta las 30h en Montecillo y 48 h en Azteca. Frondoso alcanzó el 50% de semillas germinadas a las 36h en agua destilada y a las 48 h en solución salina, obteniéndose en ambos casos, el pico de máxima germinación a esta hora. En Enano tanto el 50% de semillas y germinadas como el pico de máxima germinación se observó a las 48h, en tanto que en Mercado el 50% de

CUADRO No. B. Comparación de porcentajes de tres tipos de amaranto pertenecientes a *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus*, germinadas en agua (A) y en solución de NaCl 51.3 mM (S) en cajas de Petri a $18 \pm 3^\circ\text{C}$ a las horas indicadas. A) Muestra D., b) Muestra N.

A).

"D"

| 6:30 A.M. | <i>A. hypochondriacus</i> | | | | | | <i>A. cruentus</i> | | | |
|-----------|---------------------------|-------|---------|-------|------------|--------|--------------------|-------|----------|-------|
| | AZTECA | | MERCADO | | MONTECILLO | | ENANO | | FRONDOSO | |
| | A | B | A | S | A | S | A | S | A | S |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 5.00 | 3.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 41.00 | 7.70 | 9.0 | 5.70 | 40.50 | 18.00 | 12.50 | 1.30 | 2.50 | 1.70 |
| 30 | 25.00 * | 12.30 | 11.50 | 4.30 | 23.00 * | 27.20 | 15.00 | 7.30 | 18.50 | 3.70 |
| 36 | 12.50 | 9.30 | 7.50 | 2.00 | 20.00 | 18.50* | 15.50 | 5.70 | 28.50* | 14.10 |
| 48 | 16.00 | 15.10 | 14.50 | 6.60 | 6.50 | 17.30 | 23.50* | 17.20 | 42.00 | 46.20 |
| 54 | 1.00 | 1.30 | 3.50* | 1.70 | 0.50 | 1.10 | 2.00 | 1.90 | 3.00 | 7.70 |
| 60 | 0.50 | 0.30 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.30 | 2.00 | 3.30 |
| 72 | 0.00 | 0.30 | 0.30 | 0.10 | 0.50 | 0.70 | 0.50 | 0.40 | 2.00 | 6.00 |
| TOTAL | 96.00 | 46.30 | 51.50 | 24.30 | 91.50 | 83.40 | 69.50 | 34.10 | 98.50 | 82.70 |

B)

"N"

| 18:30 P.M. | <i>A. hypochondriacus</i> | | | | | | <i>A. cruentus</i> | | | |
|------------|---------------------------|-------|---------|-------|------------|-------|--------------------|-------|----------|-------|
| | AZTECA | | MERCADO | | MONTECILLO | | ENANO | | FRONDOSO | |
| | A | B | A | S | A | S | A | S | A | S |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 8.50 | 5.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 2.00 | 0.60 | 3.50 | 2.80 | 10.50 | 2.10 | 2.00 | 0.20 | 1.00 | 0.00 |
| 24 | 17.50 | 3.20 | 3.50 | 2.10 | 43.00 | 13.60 | 7.00 | 0.20 | 0.50 | 0.70 |
| 36 | 70.50 | 46.80 | 48.00 | 13.10 | 44.00 | 52.70 | 84.50 | 25.80 | 92.50 | 46.60 |
| 42 | 3.00 | 5.10 | 2.00 | 1.30 | 0.50 | 2.60 | 2.00 | 1.60 | 3.00 | 6.20 |
| 48 | 0.50 | 1.20 | 1.50 | 1.50 | 1.00 | 1.40 | 0.00 | 0.60 | 2.00 | 13.30 |
| 60 | 1.00 | 0.60 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.40 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 21.00 |
| 72 | 0.50 | 0.70 | 0.80 | 0.50 | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | 5.30 |
| TOTAL | 95.00 | 58.20 | 68.00 | 27.80 | 100.00 | 74.40 | 97.50 | 31.70 | 100.00 | 93.10 |

* Hora a la que alcanzó al menos el 50% de semillas germinadas.

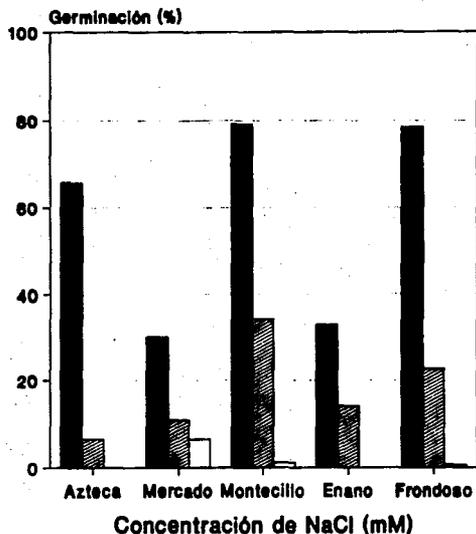
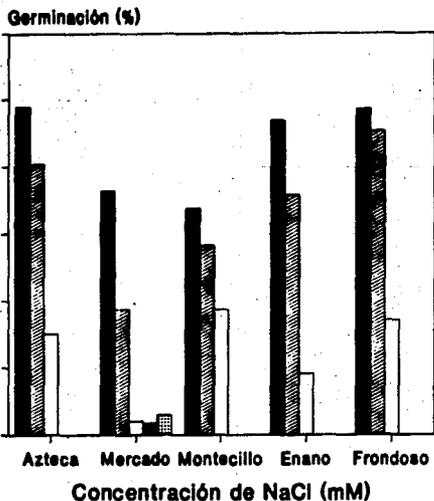
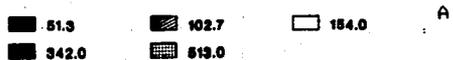


Fig. 3. Porcentajes totales de germinación de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* a las concentraciones indicadas. A) $28\pm 3^\circ\text{C}$. B) $26\pm 3^\circ\text{C}$.

semillas germinadas se registró a las 54 h en agua destilada mientras que en sal el porcentaje total obtenido no rebasó el 25% (Cuadro 8).

En el grupo N se obtuvo el 50% de semillas germinadas ($18 \pm 3^\circ\text{C}$) a las 36 h en Azteca (a y s), Mercado (a), Montecillo (s), Enano (a) y Frondoso (a), coincidiendo a esta hora con el pico de máxima germinación (Cuadro 8). En comparación con la prueba anterior es interesante resaltar que aunque el experimento D se inicio con 12 h. de anticipación con referencia al N, en este último se registraron a las 36 h valores de porcentajes acumulados más altos en los tratamientos de agua y en los de sal. Además se observó que la mayoría de las semillas de ambos grupos tuvieron los valores más altos de germinación entre las 24 y 36 h, coincidiendo con el transcurso de la noche lo cual podría indicar que este es un período propicio para la germinación de las semillas de amaranto estudiadas. (Figuras 4 y 5).

En relación a lo anterior Salisbury a Ross, (1985) mencionan que el tiempo de división celular, la fotosíntesis, la respiración, el movimiento de las hojas etc. son regulados por ritmos periódicos de carácter endógeno denominados circadianos. En el caso de las semillas de amaranto estudiadas la coincidencia en la hora de mayor germinación para los experimentos D y N podría estar relacionada con el fenómeno mencionado, pues Koller (1972) ha sugerido que los ritmos circadianos se presentan en las

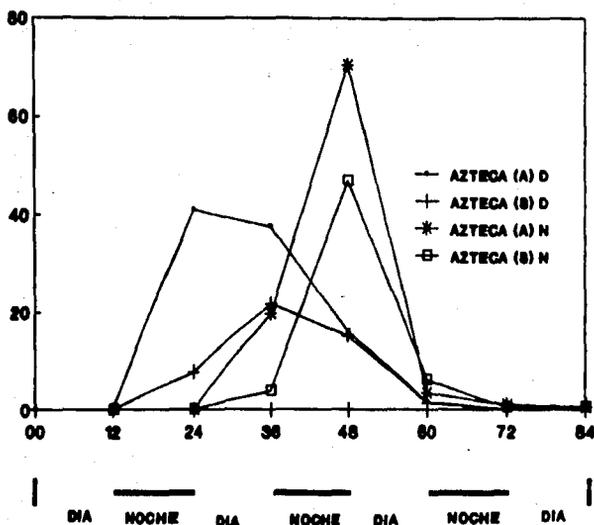


Fig No. 4 Cinética de germinación del tipo Azteca en agua A y en solución de NaCl 51.5 ml en cajas de Petri a las horas indicadas (10 ± 3 C).

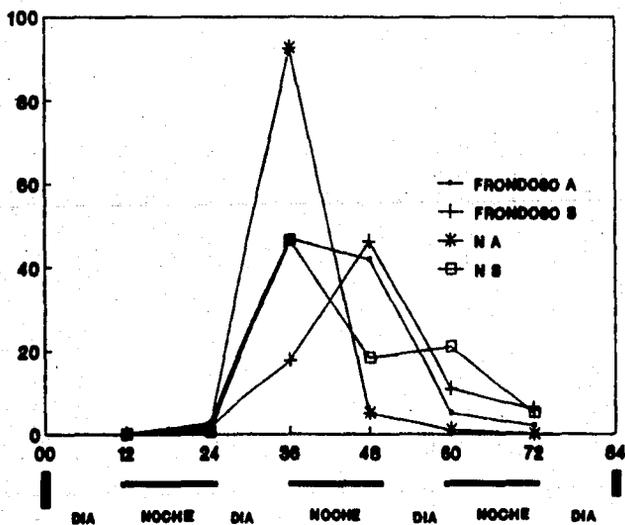


Fig No. 5 Cinética de germinación del tipo Frondoso en agua (A) y en solución de NaCl 51.5 ml en cajas de Petri a las horas indicadas (10 ± 3 C).

semillas como un comportamiento que sincroniza la respuesta poblacional en la naturaleza.

Por otra parte pudo observarse que las semillas de amaranto que germinaron en solución salina 51.3 mM. mostraron retraso y disminución en los porcentajes de germinación, lo cual concuerda con lo reportado por Ghorasy *et al.*, (1972) para semillas de *Carthamus tinctorios*, Guerrier (1982), en semillas de rábano Ashraf y Rasul (1988) en semillas de *Vigna radiata*, Pearce-Pinto *et al.*, (1990) en semillas *Eucalyptus* spp.

Mercado fue el tipo de obtuvo promedios menores de germinación (a y s) pero el que germinó primero, mientras que Frondoso resultó ser el más tolerante y de germinación tardía. En relación a lo anterior Bidwell, (1979) definió a la tolerancia como la capacidad del organismo para soportar la tensión, lo que le permitiría sobrevivir y algunas veces funcionar tanto interna como externamente. Shannon, (1980) ha señalado que entre algunas de las características que confieren a los genotipos más tolerancia a la salinidad se encuentran mecanismos de exclusión de iones Na^+ (soya y tomate) y de iones Cl^- (*Citrus*), los cuales son producto de la relación de muchos genes. Lo anterior da una idea de la complejidad de interacciones que producen la tolerancia de un tipo a la salinidad, por lo que sería de gran interés determinar algunas tanto para la germinación como para la emergencia.

A pesar de las diferencias observadas en dos experimentos D y N, los valores totales no mostraron ser estadísticamente significativos (Prueba de Duncan $\alpha=0.05$)

4.5 Cinéticas de germinación después de pretratamientos en soluciones hipertónicas de NaCl.

En esta parte del trabajo se observó la germinación de las semillas de los cinco tipos de amaranto después de ser embebidas en soluciones hipertónicas de cloruro de sodio a diferentes concentraciones y lapsos de tiempo. Aquellas semillas que permanecieron un día en solución 171.0 mM de NaCl ($28\pm 3^{\circ}\text{C}$) no presentaron diferencias de germinación en los porcentajes totales con respecto al testigo, sin embargo empezaron a germinar primero, lo cual puede evidenciarse al comparar los porcentajes obtenidos dentro de las primeras 18 h para todos los tipos, incluyendo a Frondoso que fue el más tardío (Cuadro 8). El pico máximo de germinación se obtuvo entre 18 y 24 h, coincidiendo con el 50% de semillas germinadas. Al comparar estos valores con los del testigo pudo observarse disminución en los promedios de germinación totales en todos los tipos (a excepción de Frondoso) y reducción en el tiempo de germinación en comparación a los valores del pretratamiento anterior, obteniéndose el pico máximo a las 18 h en todos los tipos menos en Montecillo que lo alcanzó hasta las 12 h.

Cuando las semillas fueron imbibidas en una solución 513.0 mM de NaCl los porcentajes totales volvieron a incre-

mentarse aunque no al valor de los testigos, a excepción de Frondoso. En lo referente a las horas de germinación no se observaron diferencias importantes en promedios de las semillas germinadas durante las primeras 18h, sin embargo después de las 24 h éstos aumentaron hasta del 20% (Cuadro 8).

En lo referente a las semillas incubadas en solución de NaCl 171.0 mM durante 48h, se observó disminución en el tiempo requerido para germinar ya que se obtuvieron promedios entre 47.70% (Mercado) y 91% (Frondoso) durante las primeras 12 h, además de sincronización en la germinación, pues la mayoría de las semillas de todos los tipos germinaron próximas a ésta hora. Los porcentajes de germinación totales disminuyeron ligeramente en todos los tipos a excepción de Mercado, Enano y Frondoso fueron los tipos de mayor y menor porcentaje de germinación respectivamente.

Por otra parte en las semillas que permanecieron en solución salina 342.0 mM dos días el pico máximo de germinación se presentó a las 12 h. en todos los tipos, las restantes germinaron homogéneamente durante el transcurso de las 42h que duró el experimento. Los porcentajes de germinación fueron semejantes a los obtenidos en la concentración anterior, para Montecillo, Enano y Frondoso; en Mercado y Azteca disminuyeron ligeramente.

Con 513.0 mM el 50% de semillas germinadas se obtuvo a las 30h en todos los tipos a excepción de Montecillo, en donde ocurrió a las 24 h, lo cual coincidió con el pico de

máxima germinación. En general la germinación se distribuyó homogéneamente durante las primeras 24h, pero no mostro la misma sincronización que en los tratamientos anteriores, (Cuadro 8) y (Figura No.6).

En relación a las semillas que permanecieron imbibidas tres días en solución 171.0 mM de NaCl la tendencia general fue a germinar a las 24h, momento en el cual se presentó el pico de máxima germinación. Sin embargo en Montecillo, Enano y Frondoso se observó un grupo menor de semillas que germinaron a las 12h. Los porcentajes totales en relación con el testigo disminuyeron entre el 41% (Montecillo) y 34% (Enano).

En la siguiente concentración probada las semillas fueron embebidas en solución 342.0 mM de NaCl durante tres días. El pico máximo de germinación se registro a las 24h en todos los tipos a excepción de Mercado donde se presentó a las 6 h. La mayoría de las semillas germinaron entre 24 y 36 h. Puede señalarse la presencia de un grupo de semillas que germinó a las 36h en Frondoso y Montecillo. Los promedios totales disminuyeron en todos los tipos en referencia a la concentración pasada en un rango del 34% (Enano y Azteca) al 11% en (Montecillo) a excepción de Frondoso donde se incrementó.

CUADRO No. 9. Promedios de germinación de tres tipos de amaranto pertenecientes a *A. hypochondriacus* y dos a *A. cruentus*, incubadas en aguas (T) y en solución 171.0 mM (1), 342.0 mM (2), 513.0 mM (3), puestas a germinar en cajas de Petri con agua destilada.

A. Durante un día.

| Hora | <u>A. hypochondriacus</u> | | | | | | | | | | | | <u>A. cruentus</u> | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|------|------|------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|------|-------|----------|------|-------|-------|
| | AZTECA | | | | MERCADO | | | | MONTECILLO | | | | ENAMO | | | | FRONDOSO | | | |
| | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 |
| 6 | / | 0.2 | 7.2 | 0.0 | / | 1.0 | 8.2 | 6.0 | / | 0.0 | 36.2 | 0.0 | / | 0.2 | 8.7 | 0.0 | / | 0.3 | 20.7 | 0.0 |
| 12 | 5.6 | 17.2 | / | / | 9.3 | 4.2 | / | / | 0.0 | 21.2 | / | / | 2.3 | 11.2 | / | / | 0.3 | 7.7 | / | / |
| 18 | 13.3 | / | 49.0* | 59.2* | 11.3 | / | 29.7 | 23.0 | 20.0 | / | 26.0* | 67.5* | 6.0 | / | 39.2 | 67.5* | 4.0/ | / | 70.0* | 72.2* |
| 24 | 34.6* | 76.5* | 9.7 | 14.0 | 26.6 | 67.2* | 5.3 | 12.5 | 56.6 | 68.2* | 9.2 | 9.7 | 31.0 | 85.7* | 5.0* | 9.7 | 36.6 | 88.5 | 3.0 | 12.0 |
| 30 | / | 2.3 | 0.0 | 4.2 | / | 0.0 | 0.0 | 4.7 | / | 4.0 | 0.0 | 3.2 | / | 1.2 | 0.0 | 3.7 | / | 0.0 | 0.0 | 4.2 |
| 36 | 40.0 | 0.0 | 1.0 | 5.7 | 31.0* | 0.3 | / | 9.0* | 23.0 | 1.4 | / | 2.2 | 58.6* | 0.2 | / | 2.3 | 59.0* | 0.0 | / | 4.6 |
| 42 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.4 | 1.3 | 0.0 | 5.3 | 2.8 | 0.0 | 0.7 | 5.5 | 1.6 | 0.3 | 0.2 | 4.6 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 0.2 |
| TOTAL | 94.1 | 96.2 | 68.0 | 83.5 | 79.5 | 72.7 | 48.5 | 58.0 | 99.3 | 95.5 | 79.0 | 84.2 | 98.2 | 98.7 | 57.5 | 84.7 | 99.9 | 96.5 | 98.5 | 93.2 |

B). Durante dos días.

| Hora | <u>A. hypochondriacus</u> | | | | | | | | | | | | <u>A. cruentus</u> | | | | | | | |
|-------|---------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|----------|------|------|-------|
| | AZTECA | | | | MERCADO | | | | MONTECILLO | | | | ENAMO | | | | FRONDOSO | | | |
| | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 |
| 6 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 12 | 5.6 | 73.0* | 30.2 | 11.7 | 9.3 | 47.7 | 22.0 | 12.5 | 0.3 | 75.3* | 41.2 | 27.7 | 2.3 | 67.2* | 30.0 | 6.3 | 0.3 | 91.0 | 47.2 | 7.0 |
| 18 | 13.3 | 9.7 | 4.6 | 4.0 | 11.3 | 25.2* | 6.5 | 1.5 | 20.0 | 2.3 | 10.2* | 2.2 | 6.0 | 6.0 | 2.2 | 14.0 | 4.0 | 1.7 | 1.2 | 6.2 |
| 24 | 34.6* | 0.6 | 6.7 | 10.0 | 26.6 | 1.2 | 6.70 | 4.0 | 56.6* | 2.7 | 23.5 | 31.2* | 31.0 | 2.0 | 9.5 | 13.7 | 36.6 | 2.7 | 5.6* | 32.5 |
| 30 | / | 1.7 | 21.5* | 39.0* | / | 3.2 | 30.0* | 40.0* | / | 1.9 | 7.2 | 17.7 | / | 0.7 | 27.5* | 49.0* | / | 2.3 | 43.8 | 41.0* |
| 36 | 40.0 | 0.0 | 8.7 | 19.0 | 31.0* | 2.7 | 6.8 | 7.7 | 23.0 | 0.9 | 2.2 | 4.5 | 58.6* | 1.2 | 6.5 | 17.0 | 59.0* | 0.0 | 6.0 | 9.3 |
| 42 | 0.6 | 0.7 | 1.5 | 5.0 | 1.3 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 0.0 | 2.7 | 0.8 | 2.4 | 0.3 | 0.4 | 1.3 | / | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TOTAL | 94.1 | 85.7 | 73.2 | 88.7 | 79.5 | 82.5 | 75.0 | 69.2 | 99.9 | 85.8 | 85.1 | 85.7 | 98.2 | 77.5 | 77.0 | 100.0 | 99.9 | 97.7 | 97.2 | 96.0 |

Continuación CUADRO 9.

C. Durante tres días.

| Hora | <u>A. HYPOCHONDRIACA</u> | | | | | | | | | | | | <u>A. CRVENTUS</u> | | | | | | | |
|-------|--------------------------|-------|------|------|---------|-------|------|------|------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|------|------|----------|------|------|------|
| | AZTECA | | | | MERCADO | | | | MONTECILLO | | | | EHANO | | | | FRONDOSO | | | |
| | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 | T | 1 | 2 | 3 |
| 6 | / | 0.2 | 0.0 | 0.0 | / | 7.0 | 10.5 | 5.8 | / | 10.7 | 0.0 | 0.0 | / | 5.0 | 0.0 | 0.0 | / | 0.5 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 5.6 | 3.7 | 0.5 | 0.7 | 9.3 | 7.2 | 0.0 | 1.2 | 0.3 | 26.2 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 12.5 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 14.2 | 0.2 | 0.0 |
| 24 | 47.9 | 46.0* | 29.5 | 21.5 | 37.9 | 30.7 | 9.2 | 10.0 | 76.6 | 37.7* | 51.7* | 65.2* | 37.0 | 35.2* | 30.5 | 21.7 | 40.6 | 40.2 | 43.5 | 62.0 |
| 30 | / | 8.7 | 9.7 | 8.5 | 1.3 | 14.2* | 10.9 | 15.2 | / | 7.2 | 8.5 | 7.2 | 0.9 | 8.5 | 5.0 | 9.2 | / | 5.0* | 22.8 | 9.2* |
| 36 | 40.6 | 9.4 | 5.5 | 17.0 | 31.0* | 2.6 | 5.9 | / | 23.0 | 4.20 | 17.5 | 6.6 | 58.0* | 3.8 | 16.5 | 8.3 | 59.0* | 2.0 | 27.0 | 17.3 |
| TOTAL | 94.1 | 68.0 | 45.2 | 48.5 | 79.5 | 61.7 | 36.5 | 32.2 | 99.3 | 86.0 | 77.7 | 79.0 | 98.2 | 65.0 | 52.0 | 49.2 | 99.9 | 72.5 | 94.5 | 98.5 |

* Hora a la que se obtuvo cuando menos el 50% de semillas.

/ No se realizó lectura a esta hora.

En referencia a las semillas incubadas en solución 513.0 mM de NaCl durante tres días, el pico máxima germinación se presentó a las 24 h. Es interesante observar que antes de este tiempo, la mayoría de los tipos no germinó a excepción de Mercado, por lo que podría inferirse que las semillas tardaron más en recuperarse. Los promedios totales fueron muy semejantes a los obtenidos en la concentración pasada, incrementándose en Azteca Montecillo y Frondoso.

Los resultados anteriores mostraron que las semillas que permanecieron en solución 171.0, 342.0 mM de NaCl durante 48 h, germinaron en mayor porcentaje y más uniformemente en menor tiempo. Lo anterior podría deberse a la estimulación de algunos procesos metabólicos suspendidos por

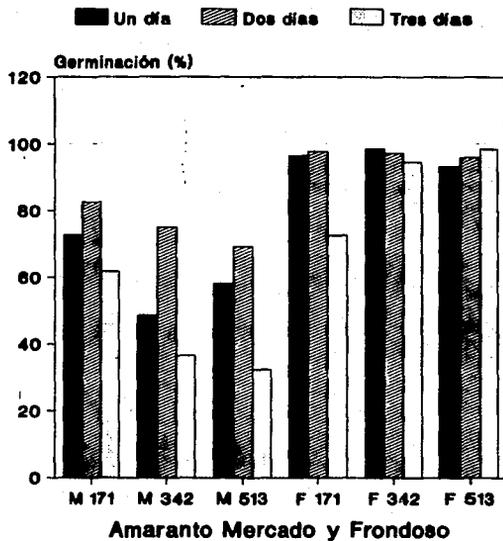


Fig. 6. Porcentajes totales de germinación de los tipos Mercado y Frondoso después de ser imbibidas en las concentraciones y días indicados. ($26 \pm 3^\circ\text{C}$).

la presencia de la solución salina, lo cual fue observado por Woodstuck, en (Codber *et al.*, 1980), quien reportó un aumento en la concentración de R.N.A. y la síntesis de proteína en semillas de tomate, después del pretratamiento; por Shannon y Francois (1977) quienes sugirieron que las semillas de algodón retenían estas características metabólicas ventajosas después del pretratamiento y por Berrie y Drennan, Wilison, y Hanson en (Coolbear *et al.*, 1980) reportaron incrementos en la actividad hidrolítica de algunas enzimas como la amilasa en avena, en trigo y en tomate.

4.5.1. Imbibición en condiciones de salinidad.

El cuadro No. 10 muestra los valores obtenidos después de imbibir las semillas de amaranto en soluciones salinas de NaCl a diferente concentración durante 12 h, en donde puede señalarse la tendencia de todos los tipos a reducir su peso, al incrementarse la sal. Lo anterior podría deberse a que disminuye la entrada de agua según aumenta la concentración de sal (efecto osmótico), al respecto McKimble y Dobrenz, (1987); Greenway y Munns, (1980) señalaron que la salinidad afecta a la germinación por la creación de un potencial osmótico que impide la absorción de agua y/o propicia la entrada de iones tóxicos.

4.6 Cinética de Germinación y emergencia.

4.6.1. Emergencia.

En el cuadro 11 se indican las promedios obtenidos al colocar las semillas de amaranto directamente sobre suelo estéril. Azteca fue el tipo que obtuvo mayor porcentaje de

CUADRO No.10. Diferencia de peso de cien semillas (mg) de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* imbibidas durante 12 h en agua y en solución de NaCl a las concentraciones indicadas (18±3°C).

| CONC. DE NaCl | AZTECA | MERCADO | MONTECILLO | ENANO | FRONDOSO |
|---------------|--------|---------|------------|-------|----------|
| AGUA | 60.5 | 46.6 | 46.8 | 66.3 | 33.5 |
| 171 | 45.5 | 38.6 | 36.8 | 48.3 | 46.5 |
| 342 | 42.5 | 41.6 | 33.8 | 46.3 | 37.5 |
| 513 | 33.5 | 17.4 | 29.8 | 41.3 | 36.5 |

emergencia (35.2%) mientras que los restantes oscilaron entre 9.7% (Mercado) y 16.5% (Montecillo). Como puede observarse estos valores son muy bajos y con un rango amplio de variabilidad lo cual puede evidenciarse por valores de C.V. y desviaciones estandar obtenidos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Espitia, (1987) y por Turriza (1987) quienes indicaron nacencia reducida y alta variabilidad en este estado de desarrollo del amaranto.

CUADRO No. 11. Porcentaje de emergencia de tres tipos de semillas de *Amaranthus hypochondriacus* y dos tipos de *Amaranthus cruentus* colocadas directamente sobre tierra, (26±3°C).

| <i>A. hypochondriacus</i> | | | <i>A. cruentus</i> | | |
|---------------------------|--------|---------|--------------------|-------|----------|
| | AZTECA | MERCADO | MONTECILLO | ENANO | FRONDOSO |
| X | 35.2 | 9.7 | 16.5 | 11.2 | 10.5 |
| S | 14.0 | 4.8 | 9.8 | 6.5 | 10.7 |
| C.V (%) | 39.8 | 49.9 | 59.7 | 58.0 | 85.6 |

4.6.2. Cinética de germinación y emergencia.

El propósito de la siguiente etapa del trabajo fue investigar la relación entre las horas de germinación en solución salina 51.3 mM de NaCl ($23 \pm 3^\circ\text{C}$) y las horas de emergencia.

En Azteca (Ad) las semillas que germinaron primero tuvieron mayores promedios de emergencia y éstos fueron disminuyendo a lo largo de las 48 h que duró el experimento, mientras que en solución salina no presentaron este patrón, sin embargo el tiempo en el que se determinó mayor emergencia se ubicó entre las 18 y las 36 h (Cuadro 12). En Mercado la germinación y la emergencia se distribuyeron homogéneamente durante las 42h que duró las prueba (a y s), al igual que en Azteca el período de mayor relación entre ambas fue el de las 18 a las 36 h. En lo referente a Montecillo se observaron porcentajes de semillas germinadas y emergidas semejantes (a y s) entre las 18 y las 24 h. En Enano las horas de mayor emergencia ocurrieron entre las 18 y 36h en agua destilada y a las 24 h en solución salina mientras que en Frondoso fue de las 24 a 36 h para ambos tratamientos, siendo muy reducido el porcentaje de semillas que germinó después de esta hora (Figura No.7).

Al comparar los promedios de emergencia de las semillas colocadas directamente sobre el suelo y las que germinaron en solución de NaCl 51.3 mM. pudieron observarse promedios mayores en éstas últimas, lo que podría indicar que el suelo

es un primer factor de selección y que sólo algunas semillas poseen características anatómicas y fisiológicas favorables para el establecimiento. En relación a lo anterior Wood *et al.*, (1977) y Fenner (1985) indicaron que la emergencia de la plántula está limitada por la cantidad de reserva de los cotiledones y por el tamaño y condiciones de viabilidad del embrión. Puesto que las semillas de amaranto estudiadas tuvieron porcentajes altos de germinación en agua y la plántula creció vigorosa, y bajos de emergencia podría significar que la reserva cotiledonar es la limitante. Azteca fue el tipo con mayor porcentaje de emergencia al colocar la semilla directamente sobre el suelo lo que ha sido observado en campo por Espitia (comunicación personal), este tipo agronómico tuvo un peso promedio alto con respecto a los otros tipos, sin embargo al emerger después de haber germinado en solución salina, fue igualado por Frondoso que tuvo menor dimensión, lo que parece indicar que no se encontró relación entre el tamaño de la semilla y la emergencia. En ese sentido Maguire (1978) indicó que el manejar semilla más grande es una característica agronómicamente deseable pues propicia un buen establecimiento de la plántula, sin embargo Teckrony y Egly (1991) afirman que la mayor dimensión de la semilla no siempre garantiza una buena emergencia.

Con el propósito de conocer como afectaba la germinación y permanencia de las semillas en solución salina 51.3 mM de NaCl hasta 42 h se realizó esta última prueba. Los porcentajes de emergencia aumentaron en promedios superiores al 100% en comparación a los obtenidos en el experi-

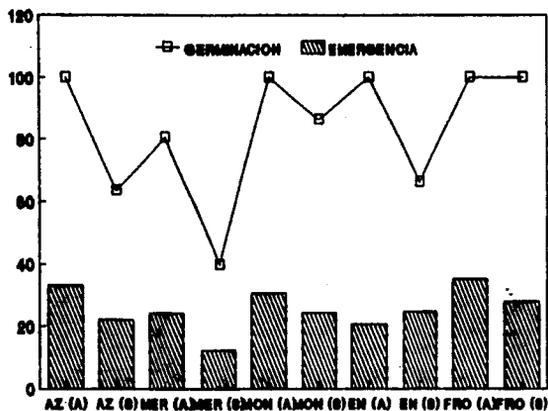


Fig. No. 7. Porcentajes totales de germinación y emergencia de cien semillas de tres tipos de *A. hippocentriacus* y dos tipos de *A. orcutus* (25 ± 3 C), AZ Azteca, MER morado, MON Montecillo, EN Esano, FRO Profundo.

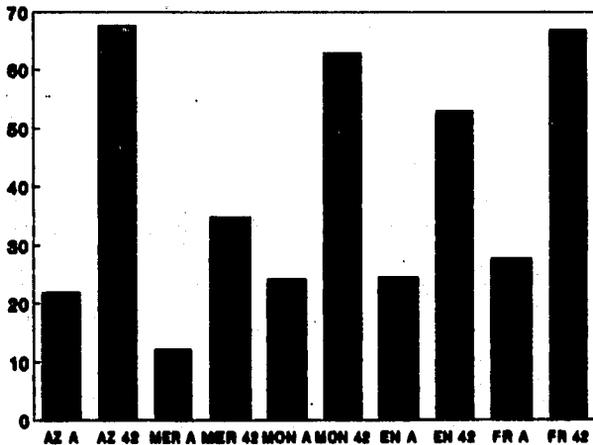


Fig. No. 8. Porcentaje total de emergencia de cien semillas de tres tipos de *A. hippocentriacus* y dos tipos de *A. orcutus*. A paqueta en tierra inmediatamente, 42 paquetas en tierra después de 42 horas, las cuales germinaron en solución de NaCl 51.9 mM. (25 ± 3 C).

mento anterior, siendo las 24 y 36 h donde se obtuvieron valores mayores de germinación y emergencia, lo anterior indicaría que al avanzar la etapa de desarrollo el amaranto es menos susceptible a los efectos de la sal lo que es confirmado por Vazquez (1990) quien indujo estrés hídrico en plantas de amaranto a partir de los 29 días después de la germinación con una solución 300 mM de NaCl y por Vera y Trinidad, (1987) quienes señalan que dicho cultivo puede prosperar en suelos moderadamente salinos, mientras que en los experimentos realizados en el presente trabajo se observó una considerable reducción de los porcentajes de germinación con 102.7 mM ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $28\pm 3^{\circ}\text{C}$) de NaCl (Fig.8).

Sin embargo a pesar de que la semilla se desarrolla hasta plántula en condiciones limitantes como sería la concentración de sal, puede observarse en el cuadro 13 que la salinidad tiene efecto en el desarrollo de ésta lo cual se evidencia al observar el aumento de proporción de plántulas medianas en los experimentos donde las semillas germinaron en solución salina 51.3 mM, también puede señalarse el incremento de plántulas vigorosas provenientes de las semillas que permanecieron 42 h en solución 51.3 mM de NaCl lo que parece indicar que al avanzar la etapa de desarrollo las plántulas fueron menos susceptibles a la salinidad.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

59

CUADRO No. 12. Porcentaje de germinación y emergencia de cien semillas de tres tipos de A. hypochondriacus y dos tipos de A. cruentus germinados en solución de NaCl 51.3 mM A) puesta en tierra inmediatamente (26±3°C).

| | | <u>A. hypochondriacus</u> | | | | | | <u>A. cruentus</u> | | | |
|---------|------|---------------------------|-------|---------|-------|------------|-------|--------------------|-------|----------|--------|
| | | AZTECA | | MERCADO | | MONTECILLO | | ENANO | | FRONDOSO | |
| | | A | B | A | S | A | S | A | S | A | S |
| GER | 12 h | 18.50 | 1.60 | 15.50 | 11.90 | 18.00 | 2.30 | 4.50 | 0.15 | 1.00 | 0.00 |
| EMER | | 8.50 | 1.00 | 3.50 | 3.40 | 7.00 | 0.90 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| GER | 18 h | 14.50 | 1.30 | 5.00 | 1.30 | 14.00 | 2.90 | 8.50 | 0.30 | 5.00 | 0.00 |
| EMER | | 8.00 | 1.10 | 2.00 | 0.15 | 7.00 | 1.30 | 5.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 |
| GER | 24 h | 52.00 | 32.40 | 40.00 | 5.3 | 66.50 | 55.80 | 55.50 | 26.30 | 69.90 | 26.80 |
| EMER | | 10.00 | 8.80 | 12.50 | 1.30 | 15.00 | 11.90 | 7.00 | 13.10 | 18.50 | 13.80 |
| GER | 36 h | 15.00 | 27.10 | 20.00 | 17.80 | 1.50 | 23.40 | 31.50 | 36.10 | 24.10 | 70.80 |
| EMER | | 6.50 | 10.70 | 3.00 | 5.90 | 1.50 | 8.40 | 8.00 | 9.50 | 13.50 | 12.30 |
| GER | 42 h | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.65 | 0.00 | 2.40 |
| EMER | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 1.60 |
| GER | 48 h | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 2.60 | 0.00 | 0.00 |
| EMER | | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 1.30 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 1.60 | 0.00 | 0.00 |
| GER(T) | | 100.00 | 63.50 | 80.50 | 39.70 | 100.00 | 86.20 | 100.00 | 66.10 | 100.00 | 100.00 |
| EMER(T) | | 33.00 | 21.90 | 24.00 | 12.10 | 30.50 | 24.20 | 20.50 | 24.50 | 35.00 | 27.70 |

CUADRO No. 13 Promedio de plantas vigorosas (mayores de 3.5 cm), medianas (menores de 3.5 cm y mayores de 2 cm) y débiles (menores de 2 cm) de tres tipos de *A. hypochondriacus* y dos tipos de *A. cruentus* germinadas en agua destilada y en solución 51.3 mM. A). Puesta en tierra inmediatamente. B). Puesta en tierra a las 42 h.

| | AZTECA | | | MERCADO | | | MONTECILLO | | | ENAMO | | | FRONDOSO | | |
|------|--------|------|------|---------|------|-----|------------|------|-----|-------|------|-----|----------|------|------|
| | vg | m | d | vg | m | d | vg | m | d | vg | m | d | vg | m | d |
| AGUA | 14.5 | 14.0 | 4.5 | 8.0 | 8.5 | 4.5 | 12.5 | 16 | 2 | 4.0 | 13.0 | 3.5 | 15 | 17.5 | 2.5 |
| (A) | 5.0 | 14.8 | 2.1 | 4.1 | 5.3 | 2.7 | 8.9 | 13 | 2.3 | 8.5 | 10.9 | 5.1 | 7.7 | 16.4 | 3.6 |
| (B) | 41.1 | 15.3 | 11.2 | 15.6 | 11.3 | 7.9 | 33.1 | 23.6 | 6.2 | 17.5 | 25.8 | 9.6 | 23.2 | 28.8 | 14.9 |

B). Puestas en tierra a las 42 h.

| | | A | | S | | A | | S | | A | | S | |
|---------|-----|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|------|
| | | GER | EMER | GER | EMER | GER | EMER | GER | EMER | GER | EMER | GER | EMER |
| GER | 12h | 26.0 | 2.0 | 16.0 | 7.0 | 16.0 | 1.0 | 2.0 | - | 1.0 | - | | |
| EMER | | | 2.0 | | 1.3 | | 0.6 | | - | | - | | |
| GER | 18h | 9.0 | - | 4.0 | 1.0 | 25.0 | - | 3.0 | 0.3 | 1.0 | - | | |
| EMER | | | - | | 0.6 | | | | 0.3 | - | - | | |
| GER | 24h | 65.0 | 27.0 | 30.0 | 7.3 | 54.0 | 56.3 | 56.0 | 24.6 | 68.0 | 26.6 | | |
| EMER | | | 22.3 | | 5.3 | | 30.0 | | 19.3 | | 12.3 | | |
| GER | 36h | | 71.0 | 21.0 | 46.0 | 5.0 | 42.6 | 39.0 | 67.0 | 30.0 | 73.4 | | |
| EMER | | | 45.3 | | 27.6 | | 32.3 | | 32.3 | | 54.6 | | |
| GER | 42h | | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | | |
| EMER | | | | | - | - | - | - | 1 | | | | |
| GER | 48h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| EMER | | | - | | - | | - | | - | | - | | |
| GER(T) | | 100.0 | 100.0 | 71.0 | 61.33 | 100.0 | 99.9 | 100.0 | 99.23 | 100.0 | 100.0 | | |
| EMER(T) | | | 67.6 | | 34.8 | | 62.9 | | 52.9 | | 66.9 | | |

V. CONCLUSIONES

1. Los tipos correspondientes a Amaranthus hypochondriacus, en particular Montecillo, fueron los más heterogéneos en lo que respecta al tono de la cubierta, peso y grado de imbibición.
2. Mercado fue el tipo más sensible a las concentraciones de NaCl utilizadas, por lo que mostró los menores promedios de germinación sin embargo fue el que germinó primero.
3. Frondoso fue el tipo más tolerante, a las condiciones de salinidad probadas pero también el más tardío.
4. Los promedios de germinación se redujeron en relación a la disminución de temperatura, siendo la óptima $28 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
5. El efecto de la salinidad en la germinación de las semillas de amaranto fue retraso y reducción en los porcentajes obtenidos.
6. Cuando las semillas se imbibieron previamente en soluciones salinas de NaCl 171, 342.0 y 513.0 durante uno y dos días la germinación fue más rápida y uniforme.
7. La tolerancia a la salinidad varía con el estado de desarrollo siendo la germinación más afectada que la emergencia.

8. No se encontró relación entre el peso de la semilla y la emergencia.
9. Los tipos de amaranto estudiado tuvieron respuestas diferenciales a los tratamientos aplicados sin embargo todos ellos se encontraron dentro de un rango característico.

BIBLIOGRAFIA

- Alejandre, I. G., y Gómez L.F. 1986. El cultivo del amaranto en México Chapingo, Méx. 245 p.
- Alexander, C.M. 1973. The comparative interal morphology of seed. The Pennsylvania State University Press. England.
- Alvarado, G.G. 1990. Caracterización in vitro de la tolerancia de Chenopodium quinoa Willd. a la salinidad (NaCl). Tesis. Colegio de Postgraduados 112 p.
- Aparicio-Tejo, P., Sánchez-Díaz, M., Peña, J., y Becana, M. 1981. Efecto de la temperatura, salinidad y déficit hídrico en la germinación y desprendimiento de etileno en semillas de Medicago sativa y Trifolium brachycalycinum. Pastos 11(2):313-326.
- Art, G.L., Calderon M., Suarez, R.G. 1987. Utilización del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) como ensilado para la alimentación de ovinos en: Coloquio Nacional del Amaranto "Memorias", CP. Gro. Gro. 204-211 p.
- Ashraf, M; and Rasul, E. 1988. Salt tolerance of mung bean (Vigna radiata(L.) Wilezek) at two stages. Plant and soil. 110:63-67 p.
- Bernstein, L. and Hayward, H.E. 1958. Physiology of sal tolerance. Plant Physiology. 25-46 p.
- Bewley, J.D., and Black, M. 1978. Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 1. Springer-Verlag. Berlin. 306 p.
- Bewley, J.D., and Black, M. 1982. Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Springer-Verlag. Berlin, 375 p.
- Bidwell, R.G. 1979. Fisiología Vegetal. AGT. Editor, S.A. México, D.F. 784 p.
- Boswell, R.V. 1972. La importancia de las semillas en: Semillas. Cia. Editorial Continental. 19 p.
- Bourges, R.H. 1986. Perfil bromatológico del amaranto en: Primer Seminario . 331-343 p.
- Carlson, J.R., Ditterline, R.L., Marin, J.M., Sands, D.C. and Lund, R.E. 1983 Alfalfa seed germination in antibiotic agar containing NaCl. Crop Science. 23:882-884p.
- Casillas, G.F. 1986. Importancia de la semilla de alegría. Primer seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Méx. 289-299p
- Castañeda, C.L., Suárez, R.G., y Valadez, L.A. 1987. Evaluación del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) como hortaliza en comparación con la espinaca (Spinacea oleracea (C.V. Viroflay)). en Coloquio Nacional del Amaranto. "Memorias". Gro. Gro: 73-88p.
- Chadoff-Hannel, R., and Taylorson, D.B. 1985. Enhanced Phytochrome sensitivity and its reversal in Amaranthus albus. Plant Physiology. 78:228-231p.
- Ching, T.M. 1972. Metabolism of germinating seeds in: Kolozwski T.A. (Ed) Seed Biology. Academic Press. New York. 103-170p.
- Coolbear, P., Grierson, D., Heydecker, W. 1980. Osmotic pre-sowing treatments and nucleic acid accumulation in tomato seeds. (Lycopersicon lycopersicum). Seed Scie and Technol 8:289-303 pp.

- Crocker, W. and Barton L.V. 1953. Physiology of seeds. Waltham, Mass. U.S.A. 180p.
- El-Shawkawi, H.M. and Springsl, I.V. 1979. Germination of some crop plant seed under salinity stress. Seeds science and Technology. 7:23-37p.
- Espitia R.E. 1986. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México en: Primer seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Méx. 101-110 p.
- Espitia, R.E. 1987. Evaluacion de 30 genotipos de amaranto en cuatro localidades de la Mesa Central. Coloquio Nacional del Amaranto "Memorias" Querétaro, Qro. 73-88 p.
- Espitia, R.E. 1991. Variabilidad genética e interrelaciones del rendimiento y sus componentes en alegría. Tesis C.P.104p.
- Fenner, M. 1985. Seed Ecology. Chapman and Hall. Great Britain 151 p.
- Fernández, G., and Johnston, M. 1986. Fisiología Vegetal experimental. San José Costa Rica. 158p.
- Gáspar S., Bos, A. and Bangai J. 1981. Relationshipip between 1000 seed weight and germination capacity and longevity in small seed favacede Seed Science and Technology. 9:457-467 p.
- Gasquez, J. Darmency H. et J.P. Compoin Institut National Recherche Agronomique, Laboratorie de Malherbologie. 1981. Comparaison de la germination et la croissance de biotypes sensibles et resistantes aux triazines chez quatre especies de mauvaises herbes. Weed research 21:219-255 p.
- Ghorashy, S.R., Sionit, N., and Kheradnam. 1972. Salt tolerance of safflower vaieties (*Carthamus tinctorius* L.) during germination. Agronomy Journal Vol. 64: March-April. 1972.
- Govea L.L. 1983. A germinacao das sementes. Departamento de assuntos científico e tecnologicos da Secretaria-Geral da Organizacao doa Estados Americanos. 174 p.
- Granados S., y López R.G. 1986. Chinampas: historia y etnobotánica de la "alegría" (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Domesticación de la verdolaga (*Portulaca Oleaceae*) y el romerillo (*Suaeda diffusa* wats.) Primer Seminario Nacional del amaranto. Chapingo, Méx. 23-55p.
- Greenway H., and Munns, R. 1980. Mecanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann Rev. Plant. Physiol. 31: 149-190p.
- Guerrier, G. 1981. Influence de diferentes salinités (sels de sodium et sels de chlorure) sur la germination de *Raphanus sativus*. Plant and soil 61:457-469 p.
- Hauptly, 1986. Sumario de la colección de amaranto en América Latina desde el punto de vista de variación genética. Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Méx. 239-241 p.
- Hayward, H.E., and Wadleygh, C.H. 1980. Plant growth on saline and alkali soils.
- Heydecker, W. 19772. Seed ecology. Il Buterworths. 1-3 p.
- Jann, R.C., and Amen, R.D. 1978. What is germination? in Bewley, J.D. and Black, M. (Eds). Physiology and bio-

- chemestri of seeds in relation to germination. Vol. 1. Springe-Verlag. Berlin. 7-27 p.
- Koller, D., and Hadas A. 1980. Water relation in the germination of seeds in; Lange, D.L., Novel, P.S. Encyclopeda of Plant Physiology. New series Vol 12B. physiological plant ecology II. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. Germany. 401-402 p.
- Koller, d. 1972. Environmental control of seed germination in: Kozlowsk; Editor. "Seed Biology". Vol. II. Academic press New York 2-93p.
- Levitt, J. 1980. Responses of plant to environmental stress. Vol. II Water radiation, salt, and treatrises. Academic Press. New York. USA. 607p.
- Maguire, J.D. 1978. Seed Quality an germination. in: Bewley. J.D. and (Eds) Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination Vol. 1 Springer-Verlag. Berlin 220-235 p.
- Mapes, C. 1986. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México en: Trinidad S.A. Gómez, L. y Suarez, R.G. (Comps) Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo. Méx. 8-22p.
- Mattews, D.J. and Hayes, P. 1982. Effect of temperature on germination and emergence of six cultivars of soybean (*Glycine max*). Seed Sci. and Technol., 10:547-555.
- Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. 1982. The germination of seeds. Pergannon. Press. Oxford. 221p.
- Mckimmie, T. and Dobrenz, A.K. 1987. A method for evaluation of salt tolerance during germination, emergence and seedling establishment. Agronomy Journal. 79:943-945 p.
- Meger, B.S. 1966. Introducción a la Fisiología Vegetal. "Manuales" Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 550-565 p.
- Milthorpe, F.J. y J. Moorby. 1979. An introduction to crop physiology. Second edition Cambridge University Press. Cambridge. 244 p.
- Morales, P.J., Granados, S.D., Martínez, H.J. 1986. Respuesta del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del Edo. de Tlaxcala en: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo. Méx. 152-174p.
- Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México., D.F. 383 p.
- Munsell Soil Color. 1977. Munsell Color Division. Baltimore. Ma. USA.
- Pasternak, D, Twersky, M. and de Malach, Y. 1979. Alt Resistance in agricultural crops in: Munsell, Hand Staples R. (Eds) Stress Phsyillogy in crop plants. Wiley Interscience Publication. John Wiley and sons. Ithaca, New York. USA. 127-142 p.
- Pearce-Pinto, G.V.N., Van der Moezel and Bell, D.T. 1990. Seed germination under salinity stress in western australian of *Eucalyptus* Seed Science and Technology 18:113-118p.
- Peterson, J. R. and Cooper, P.G. 1979. Some considerations of water in the germination test. Seed science and Technology. 6:625-639 p.
- Reyes, C.P. 1986. Bioestadística aplicada. Trillas. México. 216 p.

- Reyna, T.T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus spp) en México.
- Ruskin, F. R. 1984. Amaranth Moder Prospects for an Ancient Crop. National Academy Press. Washington D.C. 80 p.
- Salisbury, Band Ross, L. (1985) Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company. Third Edition. pp. 18-32., 281-287, 486 pp.
- Salisbury F. and Marino, N.G. 1983. Germination in General. in: Pharis P. and Reid D. M. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series. Vol.III Springer Verlag-Heidelberg. Germani 723 p.
- Santiago Rojas, J.H. 1988. Comportamiento de la germinación y del vigor en semillas de maíz. (Zea mays L.) de distinto origen genético sometidas a diferentes temperaturas y sustratos, Tesis. UNAM. Cuautitlan Izcalli 81 p.
- Shannon, M.C., y Francois, L.E. 1977. Influence of seed pretreatments of salt tolerance of cotton during germination. Agronomy Journal, Vol: 69-619-621.
- Shannon, R. 1985. Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. Plant and Soil. 89:227-241p.
- Shonbeck, M. and Egley G.H. 1980. Reedrot pigweed (Amaranthus retroflexus) seed germination responses to after ripening, temperature, ethylene, and some other environmental factors. Weed Science. 28:543-548p.
- Smith, S. E. Protec, D.C., Robinson, D.L. and Dobrenz., A.K. 1989. Stability of salt tolerance at germination in lucerne following seed multiplication at non saline site. Seed Science and Technology. 17:555-561 p.
- Strogonov, B.P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plantas. Ac. Sci U.S.S.R. Davey and Co. New York U.S.A.
- Suárez, R.G. 1980. Depósito de taninos en la testa de Amaranthus hypochondriacus L. (alegría). Agrociencia. No. 42:35-50 p.
- Suárez, R.G. 1986. Importancia de los estudios morfológicos, anatómicos y fisiológicos del amaranto en: Seminario Nacional del Amaranto. 77-81 p.
- Suárez, R.G. y Cervantes, S.J. 1987. Estudio Morfológico y evaluación del rendimiento en A. cruentus bajo condiciones de riego y temporal en Querétaro, Qro. 3-7 p.
- Sumar, K.L. 1986. Avances en el programa de investigación de Amaranthus de CCIEA-CUSCO, Perú en: Coloquio Nacional del Amaranto, Querétaro, Qro. 144-174 p.
- Tekrony, M.D. and Egli, B.D. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: A review crop Sci. 31:816-822 pp.
- Trinidad, S.A., Gómez, L.F. y Suarez, R.G. (Ed.) Primer seminario Nacional del amaranto. Chapingo, Méx. 577 p.
- Turriza E.L., Soto V.J., Escalante P.R., Maciel, C.T. Bojorquez, P.O. y Ku C.J. 1987. Investigaciones preliminares en el cultivo del amaranto (Amaranthus spp) en el Estado de Campeche en: Coloquio Nacional del amaranto, Querétaro, Qro. 18-29 p.
- Valverde V.M.T. 1988. Germinación de algunas especies pioneras de dunas costeras del Golfo de México. Tesis UNAM. 93p.
- Vazquez, M.M.I. 1990. "Cambio en la concentración de

- betacianinas bajo estrés hídrico y salino en Amaranthus
sp. Tesis UNAM. 105 p.
- Velasco L.L. y Heyden D. 1986. El uso y la representación
del amaranto en la época prehispánica según las fuentes
históricas y pictóricas 8-23 p.
- Vera M.F. y Trinidad S.A. 1987. Producción de biomasa de
Amaranthus cruentus y su aprovechamiento forrajero en:
Coloquio Nacional de amaranto. Querétaro, Qro. 127-136
p.
- Wood. D.W. Longden, P.C., and Scott, R.K. 1977. Seed size
variation its extent, source and significance in field
crops. *Seed Science and Technology* 5:337-352p.
- Xolalpa, V.F. 1987. Práctica regional del cultivo del
amaranto (Amaranthus spp) en Tulyehualco Xochimilco,
D.F. en: Coloquio Nacional del amaranto. "Memorias"
Querétaro, Qro. 188-124 p.