

Rej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

"ESTUDIO CITOGÉNÉTICO DE ALGUNAS ESPECIES  
MEXICANAS DE Chenopodium L."

MYRNA SEGURA DÍAZ

T E S I S

PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO

MÉXICO, D.F. JULIO DE 1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## INDICE

RESUMEN.....	I
I. INTRODUCCION.	
I.1. ANTECEDENTES DE LA GENETICA Y CONCEPTO DE GENE.....	1
I.2. IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CROMOSOMICOS.....	13
II. TAXONOMIA DEL GENERO <u>Chenopodium</u> .....	19
III. ASPECTOS ETNOBOTANICOS.....	20
IV. ASPECTOS CITOGENETICOS.....	22
V. GENERALIDADES DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	24
VI. OBJETIVO.....	29
VII. MATERIAL Y METODO.....	30
VIII. RESULTADOS.....	32
IX. DISCUSION.....	33
X. CONCLUSIONES.....	38
XI. BIBLIOGRAFIA.....	40

## RESUMEN

La gran semejanza morfológica entre las distintas especies del género Chenopodium ha propiciado que en varias ocasiones hayan sido agrupadas erróneamente. De ahí surge una variación artificial en los informes sobre los números cromosómicos actualmente conocidos.

En este trabajo se obtuvo el número cromosómico de Teloxys ambrosioides (sinonimia Chenopodium ambrosioides), Chenopodium album y Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae. Se analizó por primera vez el cariotipo de las tres especies.

Teloxys ambrosioides  $2n=32$ ; Chenopodium album  $2n=54$  y Ch. berlandieri ssp. nuttalliae  $2n=36$ .

El número básico ( $x$ ) observado en T. ambrosioides  $x=8$  y para las otras dos especies de  $x=9$  coincide con lo reportado en la literatura.

El análisis cariotípico en T. ambrosioides así como la determinación de su número básico apoyan la idea de reubicarla taxonómicamente dentro del género Teloxys.

Este trabajo contribuye al conocimiento biológico de las poblaciones de las especies analizadas, para apoyar estudios taxonómicos que permitan ubicarlas adecuadamente y aportar datos a estudios biosistemáticos de los recursos potenciales de México.

## I.- INTRODUCCION.

### I.1. ANTECEDENTES DE LA GENETICA Y CONCEPTO DE GENE.

En 1865 Mendel realizó estudios interesantes de hibridación en Pisum sativum.L. Aún cuando no fue el primero en llevar a cabo estos experimentos, fue uno de los primeros en considerar sus resultados en términos de caracteres aislados. Sus antecesores habían considerado organismos completos que incorporaban un complejo de rasgos poco claros, por lo que no habían podido observar más que las diferencias que existían entre progenitores y descendientes (Lacadena, 1981).

En 1900, los resultados de Mendel fueron redescubiertos simultáneamente por tres botánicos: de Vries en Holanda, Correns en Alemania y Von Tschermak - Seysenneg en Austria, cuyos respectivos resultados en sus experimentos parecían confirmar los principios de Mendel.

Al iniciar el siglo XX, el francés Coerrot, el estadounidense Castle y el danés Johansen, asociaron los genes con la transmisión de características específicas de padres a hijos.

Boveri y Sutton en 1902 (Lacadena, 1981) demostraron que los genes están contenidos en estructuras llamadas cromosomas, que se encuentran en el núcleo de la célula.

Los genetistas de la década de los cincuentas, buscaron un sistema experimental adecuado mediante el cual pudieran investigar los aspectos funcionales de los genes; identificaron moléculas portadoras de la información genética en bacterias y algas verdiazules. Estas moléculas resultaron ser el ADN y el ARN.

Posteriormente, con los estudios de Watson y Crick en 1953 (Lacadena, 1981), se esclarece que el ADN está formado por una doble hélice constituida por pequeñas unidades llamadas nucleótidos, los que a su vez están formados por una base nitrogenada que puede ser: guanina, citosina, adenina o timina, un grupo fosfato y una molécula de azúcar: desoxirribosa.

El ADN constituye el material genético que se reproduce, contiene mensajes cifrados e influye en el desarrollo.

Los genes transmiten su información mediante: a) un proceso de reproducción que produce más unidades similares a ellos; b) un proceso de transcripción mediante el cual la información se transfiere a otra molécula llamada ARNm y c) un proceso de traducción mediante el cual se sintetizan proteínas que

intervienen en el metabolismo celular.

Stebbins (1971), propone que los cromosomas por contener unidades de información tienen tres funciones fundamentales:

- 1) Almacenar, replicar y transmitir la información hereditaria.
- 2) Controlar la acción génica en la cual una serie de productos de los genes son liberados en tiempos correctos y en la cantidad exacta para producir una secuencia específica y ordenada de eventos bioquímicos y celulares durante el desarrollo.
- 3) Regular la recombinación en la progenie de un híbrido entre dos individuos genéticamente diferentes.

Los genes no son necesariamente estables, sino que están sujetos a cambios. Estos cambios reciben el nombre de mutaciones.

La palabra mutación se refiere a cualquier cambio heredable del material genético, no debido a la segregación o a la recombinación, que se transmite a las células hijas y a las generaciones sucesivas dando lugar a células o individuos mutantes (Lacedena, 1981).

Las mutaciones pueden ser espontáneas o inducidas mediante agentes físicos o químicos llamados mutágenos.

Se considera a la mutación como la fuente primaria de la variabilidad genética y es indispensable para que se produzca un cambio evolutivo. La recombinación utiliza al máximo esa variabilidad para ofrecer un mayor espectro de variación genética sobre el que pueden actuar los diversos mecanismos que favorecen



Duplicación.- Produce la repetición de un segmento cromosómico de mayor o menor extensión, este tipo de cambio en algunas ocasiones permite la síntesis de mayor cantidad de proteínas.

Inversión.- Es un cambio por el cual un segmento cromosómico cambia de sentido dentro del propio cromosoma en relación a una secuencia considerada típica para ese cromosoma.

Este tipo de mutaciones cambia la morfología del cromosoma sin alterar el número cromosómico. Si el centrómero está incluido en el segmento, se habla de una inversión pericéntrica; cuando el centrómero no está incluido en el segmento invertido, se dice que es una inversión paracéntrica.

Translocación.- Es el cambio en el cual un segmento cromosómico es transferido a otro cromosoma, puede ser recíproco o no, modificando los grupos de ligamiento, forma y longitud del cromosoma (Lacadena, 1981; Rieger *et al.*, 1976).

Otros cambios estructurales en los cromosomas corresponden a las fusiones y fisiones Robertsonianas. Las primeras se refieren a la unión de dos cromosomas acrocéntricos para formar un metacéntrico y las segundas consisten en la ruptura de un cromosoma metacéntrico a nivel del centrómero, lo que origina un par de cromosomas acrocéntricos. (Lacadena, 1981).

Estos cambios Robertsonianos tienen gran importancia dentro de la evolución de los cromosomas. Jones (1977) al estudiar los cariotipos de diversas especies de Comelináceas encuentra que las fusiones y fisiones han determinado en gran medida la variación

la evolución (Lacadena, 1981).

Las mutaciones pueden clasificarse en dos categorías:

- a) Génicas o puntuales que afectan a uno solo o algunos genes, esto es cambiando una base nitrogenada por otra.
- b) Estructurales que afectan al número cromosómico o al número y disposición de los genes en un cromosoma (Dobzhansky et al. 1980).

Estos cambios cromosómicos estructurales consisten en un reordenamiento de la disposición lineal de los genes sobre los cromosomas, unas veces con pérdida, otras con ganancia alterando o sin alterar la información genética contenida en los cromosomas.

Estas variaciones pueden afectar un solo cromosoma como ocurre en las deleciones, duplicaciones e inversiones, o simultáneamente a dos o más cromosomas como en las translocaciones.

Delección.- Consiste en la pérdida de un segmento cromosómico y por consiguiente de la información genética contenida en él. Normalmente el fragmento perdido no tiene valor en el desarrollo.

de los cariotipos de estas plantas, dando como resultado la presencia de cariotipos simétricos y asimétricos durante el proceso evolutivo de las mismas.

A diferencia de estos cambios que no afectan el número cromosómico, existen variaciones cromosómicas numéricas que pueden afectar a los cromosomas en forma individual o al cariotipo en su conjunto. Dentro de estas variaciones se encuentran:

a) La aneuploidía que es la condición de un individuo, órgano o tejido cuya constitución cromosómica es diferente del juego cromosómico básico de la especie por tener cromosomas extras o por faltar cromosomas.

Los individuos aneuploides se originan por la unión de dos gametos de los cuales uno o ambos son aneuploides por fenómenos de no disyunción llevada a cabo en individuos normales, así como la disyunción 3:1 de una asociación meiótica cuadrivalente como consecuencia de una translocación recíproca (Lacadena, 1981; Rieger et al., 1976).

b) La poliploidía que se define como un fenómeno por medio del cual las células somáticas, tejidos o individuos tienen tres o más juegos cromosómicos completos del genoma básico del grupo taxonómico correspondiente (Lacadena, 1981, Lewis, 1980, Rieger et al., 1976).

Se considera a la poliploidía como el proceso genético más extendido que interviene en la evolución de las plantas superiores con reproducción asexual (Love, 1951).

DeWet en 1979, propone que la poliploidía no se da por un doblamiento espontáneo de cromosomas diploides a tetraploides, sino por la falta de reducción en los gametos.

En algunos grupos de plantas se observa lo que se conoce como series poliploides que consisten en la presencia de diferentes números cromosómicos que representen distintos grados de poliploidía. Por ejemplo: en Esluca se han reportado  $2n = 14, 28, 42, 56$  y  $70$ .

Este hecho parece evidente en algunas especies del género Chenopodium. Así en Ch. ambrosioides L., Kawatani y Ohno (1953) reportan  $2n = 16, 32, 48$  y  $64$ , lo que refleja una serie poliploide.

De igual manera Raghavan y Arora (1958) analizan algo similar en Ch. album L., observando  $2n = 18, 36, 54$  y Cherna (1970) reporta dos niveles de ploidía de  $2n = 27$  y  $54$  para esta misma especie.

En Ch. berlandieri Moq. sólo existe el reporte de Crawford (1973) con  $2n = 18$  y  $36$ .

Mears (1979), considera dos grupos de poliploides de acuerdo a su origen:

1) Alopoliploides.- también llamados anfidiplóides, son los individuos que se obtienen de la cruce natural o experimental entre especies o géneros diferentes y contienen dos juegos cromosómicos estructural y genéticamente diferentes. Cada juego está presente una vez (alodiploide) o en mayor número (alopoliploide).

Estos individuos se pueden originar por la duplicación cromosómica de híbridos interespecíficos o intergenéricos o por la tetraploidización y posterior cruzamiento de los autotetraploides de especies diferentes (Lacadena, 1981).

2) Autopoliploides.- son individuos que surgen de la fecundación cruzada con gametos no reducidos de la misma especie. Los juegos cromosómicos son homólogos y se aparean completamente en meiosis formando grupos de polivalentes. (Rieger, 1976).

En los estudios de Wilson (1976, 1980, 1981a, b, 1983) tanto electroforéticos como de hibridación, se reportan casos de poliploidía en *Chenopodiaceae* de México y Sur América. Según sus resultados, *Ch. album* y *Ch. berlandieri* se consideran especies alopoliploides.

## REVERSIBILIDAD DE LA POLIPLOIDIA.

Se entiende por reversibilidad de poliploides al fenómeno por medio del cual algunas especies disminuyen su juego cromosómico poliploide a diploide o haploide.

Stebbins (1971), menciona que el éxito de la reversibilidad en poliploides sucede sólo en poblaciones autopoliploides que pueden ser de reciente origen y que viven simpátricamente con sus progenitores diploides con los cuales sigue habiendo flujo de información.

Griffith en 1970, supone que los diploides parentales de algunos complejos poliploides actuales pueden haberse derivado de poliploides más que dar origen a ellos.

Kimber y Riley en 1963, registraron haploides autofértiles derivados de plantas diploides en Bromus inermis con  $2n=56$  y Parthenium argentatum A.Gray  $2n=72$ . DeWet (1979), obtuvo haploides fértiles de tres especies tetraploides de Dichanthium, así como también entre Sorghum controversum L. con  $2n=40$  y Sorghum halapense L. con  $2n=40$ .

Randolph y Fisher en 1939, obtuvieron diploides totalmente fértiles de maíz autotetraploide. DeWet (1979) obtuvo diploides normales de maíz a partir de plantas tetraploides después de quince ciclos exitosos de selección para incrementar el porcentaje de semillas.

Es difícil determinar el éxito y distribución de la tetraploidía reversible en la naturaleza. Varias especies se caracterizan por razas diploides y tetraploides y muchas de éstas tienen biotipos diploides que semejan tetraploides en su fenotipo y en su hábitat (deWet, 1979).

#### APLICACION DE LA POLIPLOIDIA.

En la agricultura se ha observado que las plantas poliploides presentan ventajas con respecto a sus ancestros diploides debido a su gran adaptabilidad, ya que pueden crecer en medios muy variados, alcanzar gran talla, producir grandes cantidades de alimento y forraje y son más resistentes a las enfermedades. En las plantas de ornato generalmente los poliploides presentan mayor tamaño en las flores, lo que incrementa el valor económico y el aprovechamiento de la planta.

El flujo genético entre plantas cultivadas y silvestres ha intervenido en la evolución de cultivos, ya que ha permitido mejorar las razas y obtener las características arriba mencionadas, por lo que los poliploides que se originan de cosechas domésticas combinan las ventajas de la poliploidía y la domesticación.

Zeven (1979), menciona que un poliploide derivado de un cultivo puede ser mejor que un poliploide silvestre y la secuencia: domesticación - poliploidización es más útil en relación al mecanismo contrario.

En algunas especies la poliploidía precedió a la domesticación como en el caso de los trigos tetraploides, el algodón y el café arábigo y en otras fue concurrente con la domesticación como en la col, los trigos hexaploides y las fresas.

El fenómeno de autopoliploidía tiende a darse en los casos en que los productos se propagan vegetativamente y en los cuales la fertilidad de la semilla no es de primera importancia, como en los cultivos de alfalfa, plátano, remolacha azucarera y trébol.

Con el cambio de condición de un cultivar de diploide a poliploide aumenta la recombinación entre ellos debido a la presencia de mayor número de cromosomas que pueden combinarse, por lo tanto, hay autofertilidad.

La variación genética puede incrementarse por mutaciones, su frecuencia depende de la edad del poliploide y la presencia de genes mutantes.

Esta variación genética puede aumentar por hibridación si el poliploide no está aislado de las especies parentales. Este aislamiento puede ser genético, cromosómico, geográfico o temporal.

Por otra parte la variación genética puede disminuir algunas veces por presiones estables de selección y puede conducir a cosechas más reducidas.



Las especies del género Chenopodium son también cultivadas ; como menciona Wilson (1980), tienen homólogas silvestres con las cuales están muy relacionadas y puesto que son de importancia económica como alimento, forraje y medicina, el hecho de ser cultivadas y poliploides representa gran ventaja al ser encontradas en diferentes medios y así aprovechar las características que les confiere esta situación.

La presencia de poliploides entre plantas con flores aumenta de acuerdo a la latitud desde el Ecuador hasta la Zona Polar donde representa alrededor del 80% (Stebbins, 1971). Esto hace pensar que los poliploides son más resistentes a climas severos. Actualmente se observa mayor poliploidía en hierbas perennes en cualquier medio (Ehrendorfer, 1979).

Los alopoliploides exitosos tienden a originarse en condiciones ambientales inestables y en áreas de contacto e hibridación entre sus ancestros, generalmente en áreas perturbadas. Cuando se encuentran en áreas de diploides son menos exitosos, ya que tienen menor fertilidad y son eliminados al competir con los padres por habitats disponibles (Lewis, 1980).

Se ha observado que las Chenopodiaceas tienen la particularidad de resistir condiciones severas o variables, por lo que se les puede encontrar desde lugares extremadamente fríos, hasta lugares desérticos o salinos, pasando por todos los grados intermedios de temperatura, humedad y tipo de suelo, lo cual, probablemente, se deba a su condición poliploide y por lo tanto, a su capacidad de resistencia. (Basset y Crompton, 1982,

Giusti, 1964, 1970; Tanaka y Tanaka, 1980; Uetila, 1972, 1973).

## 1.2. IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CROMOSOMICOS.

El cariotipo es el aspecto morfológico de los cromosomas durante la metafase que definen a una especie. De su análisis pueden obtenerse los siguientes datos:

- 1.- Número básico ( $x$ ).
- 2.- Tamaño absoluto de los cromosomas.
- 3.- Posición del centrómero.
- 4.- Tamaño relativo de los cromosomas.
- 5.- Número y posición de los satélites.

A través del análisis cariotípico puede determinarse el nivel de ploidía y los rearrreglos estructurales de los cromosomas en diversas poblaciones para poder así cuantificar la variación genética en ellas. Esta variación interespecífica podrá apoyar estudios taxonómicos y ayudará al entendimiento de los procesos de cambio seguidos en la evolución de la especie en estudio.

Se conoce como número básico ( $x$ ) al número cromosómico monoploide de una serie poliploide (Rieger, 1976).

Se usa para distinguir taxa o grupos de plantas relacionados, puesto que es estable dentro de ellos y es un indicador de interrelaciones filogenéticas junto con el grado de

similitud fenotípica (Grant, 1975).

En algunos casos puede presentarse más de un número básico en un grupo, ya sea por ganancia o pérdida de cromosomas por poliploidización, y a veces por ganancia o pérdida de cromosomas por elocación. Por tanto, los organismos pueden colocarse en forma incorrecta. La presencia de diferentes números básicos en un grupo de plantas indica que pudieron evolucionar por distintas rutas de acuerdo a sus necesidades de adaptación (Moore, 1978).

El número básico constituye el primer nivel de cambio en la familia. Por ejemplo en la familia Umbelliferae las subfamilias Apioididae ( $x=11$ ), Saniculoidae ( $x=8$ ) e Hydrocotyloidae ( $x=8, 10$ ) son modalmente diferentes, pero la mayoría de éstos números básicos se presentan en las tres (Moore, 1978).

Los números básicos en la tribu Cichorieae varían de  $x=10$  a  $x=3$ . un decremento filogenético en el número básico ha tenido lugar repetidamente en diferentes líneas dentro de ella. Sin embargo, los miembros vivientes más primitivos de la tribu son hierbas perennes de los bosques de Eurasia con fecundación cruzada. La amplia distribución de  $x=9$  entre los géneros primitivos sugiere que éste es el número básico original de la tribu.

En algunos casos el número básico también ha sido de gran ayuda para la ubicación correcta de géneros dentro de las familias y para establecer relaciones entre los mismos. En la familia Cistaceae los géneros Cistus y Halimium presentan un  $x=9$ , mientras que en Helianthemum es de  $x=8$ , lo cual ha apoyado la reciente tendencia de colocar a Halimium filogenéticamente más cercano a Cistus y no a Helianthemum como estaba anteriormente (Davis y Heywood, 1973).

En el estudio cariotípico se observan diferentes tipos de cromosomas, según la posición del centrómero:

- a) Metacéntricos.- cuyo centrómero está en la parte media del cromosoma.
- b) Submetacéntricos.- el centrómero se encuentra por arriba de la parte media del cromosoma.
- c) Acrocéntricos.- cuando el centrómero se encuentra en uno de los extremos del cromosoma.
- d) Telocéntricos.- por su apariencia semejan carecer de centrómero considerándose éste terminal.

Según la escuela de Lewitsky (Stebbins, 1971), existen dos formas de cariotipos:

- 1) Simétricos.- son aquellos en los cuales los cromosomas son aproximadamente del mismo tamaño y presentan centrómeros medios y submedios.
- 2) Asimétricos.- son aquellos en los cuales los cromosomas varían en el tamaño y posición del centrómero, donde es terminal o subterminal.

Este mismo autor propone que en muchos grupos de plantas la evolución del cariotipo puede detectarse a través de cambios graduales en la apariencia externa de los cromosomas.

Como ya se mencionó, Jones (1977), propone que la asimetría resulta de inversiones, translocaciones, y fisiones y que los cambios sucesivos que involucran diferentes pares de cromosomas dan como resultado una mayor transformación del cariotipo patrón. En algunos grupos de las plantas, la tendencia evolutiva es a la asimetría, es decir, mientras más asimétrico es el cariotipo, la especie se considera más avanzada (Stebbins, 1971).

Un ejemplo lo constituye el género Oxyrhynchus estudiado por Palomino y Mercado (1983) donde O. trinervius (Donn.Sm.) Rudd que es una especie tropical que presenta 3 pares de cromosomas metacéntricos y 3 pares submetacéntricos, mientras que O. volubilis Brandegee que es una especie subtropical y presenta 4 pares de cromosomas metacéntricos y 5 pares de submetacéntricos, lo cual indica que en esta última se han dado cambios en el cariotipo haciéndose más asimétrico como resultado de su evolución por pérdidas de fragmentos de cromatina probablemente por translocaciones desiguales y deleciones, lo cual pudo favorecer su adaptación a las nuevas condiciones ambientales. O. volubilis es, por lo tanto, más avanzada que O. trinervius.

El taxónomo se interesa por la identificación y clasificación de las plantas que estudia. Sin embargo, es renuente a separar en categorías poblacionales a los organismos que no son diferenciables por caracteres externos o morfológicos bien definidos.

Estos caracteres sólo expresan en parte las diferencias genéticas entre poblaciones. Consecuentemente, si las especies son estudiadas cuidadosamente, se encuentra que pueden ser

heterogéneas genéticamente. Esta heterogeneidad puede ser expresada en parte en el número cromosómico, fórmula cariotípica o el nivel de ploidía.

En estas circunstancias las razas poliploides o citotipos con un alto número cromosómico pueden contener, además del juego cromosómico derivado del citotipo original, otro juego derivado de especies diferentes. A causa de diversas interacciones, la información genética presente en los nuevos cromosomas puede no manifestarse en los caracteres morfológicos por los cuales los taxónomos definen las especies de las cuales proceden o pueden expresarse estos caracteres tan débilmente que no se reconozcan (Stace, 1980).

Los estudios cariotípicos han logrado un mejor entendimiento de las relaciones sistemáticas de los diferentes grupos de plantas (Vovides, 1985). Los estudios biosistemáticos no sólo abarcan aspectos morfofisiológicos y ecológicos, sino también estudios bioquímicos y genéticos que conllevan a la mejor ubicación de las especies en los taxa correspondientes y a comprender tanto sus relaciones filogenéticas como su historia evolutiva (Stace, 1980).

Un ejemplo lo constituye Dactylis glomerata L. que es una especie tetraploide, sin embargo, el citotipo diploide que es muy similar morfológicamente al tetraploide se ha descrito como una especie distinta: D. ascherasoniana Graebn, especialmente después de que se detectaron diferencias cromosómicas entre ambas.

Así mismo las especies de Rumex acetosella L. (s.l.) que incluyen cuatro diferentes números cromosómicos, y son de gran similitud morfológica han sido separadas en base a estudios

citogenéticos en: R. angiocarpus  $2n=14$ , R. tenuiformis  $2n=28$ , R. acetosella  $2n=42$  y R. graminifolius  $2n=56$ .

Dentro del aspecto evolutivo estos estudios son de especial interés ya que los nuevos grupos que podrían estar biológicamente aislados por incompatibilidad o esterilidad de híbridos pueden haberse formado por el doblamiento del número cromosómico o cambios en la estructura de los cromosomas.

Cuando las investigaciones citológicas son intensas, los citólogos detectan que más de un número cromosómico puede caracterizar a algunas especies especialmente aquellas de amplio rango geográfico y gran variabilidad morfológica. (Love, 1951).

Favarger en 1967 encontró que la citología de muchas plantas alpinas endémicas ayuda a conocer los caminos evolutivos que han seguido. Por ejemplo: Paradissea liliastrum es diploide en la región de los Pirineos y poliploide en los Alpes, lo cual sugiere que emigró de los Pirineos a los Alpes donde adquirió la condición poliploide como respuesta a condiciones ambientales extremas.

Otro ejemplo de que la citogenética ha ayudado a esclarecer la filogenia de plantas, lo constituye un caso de alopoliploides donde los genomas parentales diploides pueden tener el mismo número básico como en el género Festuca; o bien, la poliploidía puede incorporar genomas de números básicos diferentes como es el caso de la cruce entre Spartina maritima  $2n=60$ , S. alterniflora  $2n=62$ , con la que se obtuvo el híbrido S. anglica  $2n=122$  en cuya situación la especie alopoliploide derivada posee un nuevo número básico  $x=61$ , derivado de padres con números básicos  $x=30$  y  $x=31$ .

En este caso la variación interespecífica en el número cromosómico constituye uno de los mayores apoyos para estudios taxonómicos. Del cariotipo se puede obtener mayor información que del número cromosómico solo y su empleo es más útil cuando se investigan homologías genómicas, por ejemplo en Crepis donde el empleo del número cromosómico, cariotipo y homología entre los cromosomas ha resuelto muchos problemas taxonómicos a nivel genérico, seccional y específico y ha mostrado cuales especies están relacionadas entre sí.

Un ejemplo que corrobora la importancia de los estudios citogenéticos en la Biosistemática corresponde al género Brassica estudiado por U en 1935 donde la presencia de diferentes números básicos  $x=8$ ,  $x=9$  y  $x=10$  en especies como E. nigra, E. oleracea, E. campestris respectivamente, ayudó a esclarecer el origen alopoliploide de especies como E. carinata,  $2n=34$ , E. juncea  $2n=36$  y E. napus  $2n=38$ , resultado de la hibridación entre ellas.

De igual manera los estudios de Palomino, et al. (1986 / 1988) en los géneros Salvia y Dalura muestran que el análisis de la similitud del cariotipo de las especies contribuye a la ubicación taxonómica de las mismas a la vez que muestra el camino evolutivo que han seguido.

## II. TAXONOMIA DEL GENERO CHENOPODIUM L.

El género Chenopodium de la familia Chenopodiaceae está constituido por diez Secciones. Chenopodium album L. pertenece a la Sección Chenopodia, Subsección Leiosperma Allen; Chenopodium belandieri Moq. se encuentra dentro de la misma Sección en la



Subsección Cellulista Allen, mientras que Chenopodium ambrosioides L. está ubicado en la Sección Ambrina. (Allen y Just, 1948).

En Chenopodium ambrosioides, Weber (1985) propone como conclusión de su trabajo, que sea considerada como Teloxys ambrosioides (L.) W. A. Weber debido a ciertas características: como el olor fétido (procedente de aceites de las semillas que tienen propiedades vermícidas), las características del embrión que no está completamente circundado por el endospermo, la inflorescencia, que tiende a presentar racimos sésiles, los estambres exertos, las hojas y cálices glandulares, no harinosos, y las hojas pinatífidas, rasgos que lo apartan significativamente de las características diagnósticas del género Chenopodium.

Por lo tanto, en este trabajo se referirá a esta especie con el nombre de Teloxys ambrosioides.

### III. ASPECTOS ETNOBOTANICOS.

Según datos arqueológicos, algunas tribus americanas utilizaban las hojas, semillas y la planta entera de Ch. album y Ch. berlandieri para producir, entre otras cosas, harina y bebidas. Estas plantas las cultivaban ellos mismos a partir de frutos que recogían de poblaciones silvestres (Seaman y Wilson, 1984).

El origen de estas plantas es incierto. Se cree que Ch. album procede de Asia o Europa y que debido al manejo humano fue traído a América y a causa de la hibridación, adaptación y

selección fue constituyendo el fenotipo actual que las caracteriza (Seaman y Wilson, 1934).

Parece ser que los quenopodios americanos cultivados tienen su origen en los silvestres, considerados algunas veces como malezas.

Se cree que pueden haber sido seleccionados en forma local por las tribus del continente con fines únicamente alimenticios.

En Europa no se tiene evidencia de que hayan sido importantes en la agricultura, lo que pudo deberse a que existieron otras especies que pudieron sustituirlas (Simmonds, 1943).

Simmonds (1979), menciona que en el Continente Americano las especies han emigrado de Sur a Norte, ya que se encontraron granos semejantes a "quinua" (Ch. quinoa), en una tumba argentina que data de aproximadamente 2 000 años A.C.

Wilson y Heiser (1979), proponen que un progenitor semejante a Ch. berlandieri var. zschakai de Norte América dió origen a Ch. berlandieri ssp. nuttalliae de México, y que por los movimientos migratorios de las poblaciones americanas, se han ido restableciendo en ciertos lugares donde las condiciones ecológicas les son favorables.

En cada región, se ha observado que existen especies presentes con mayor frecuencia, por ejemplo: en Norte América Ch. bushianum Aellen, Ch. missouriense Aellen, Ch. watsonii A. Nels. (Crowford, 1973), mientras que en México se presentan Ch. berlandieri, Ch. album, Ch. graveolens Willd (Wilson, 1930-1931b) y en América del Sur Ch. quinoa, Ch. hircinum Schrader.

Ch. pallidicaule Aellen (Simmonds, 1979; Wilson, 1981b).

Muchas especies de quenopodios tienen gran importancia para el hombre, puesto que son utilizadas como condimento o como alimento, tal es el caso de los quelites y los huezontles; también se obtienen harinas de algunas de ellas, y la fermentación de las plantas produce bebidas estimulantes (Wilson, 1983). Estas especies son por ejemplo Chenopodium album, Ch. pallidicaule, Ch. quinoa.

Además de las cualidades mencionadas anteriormente, los epazotes (Teloxys sabrosoides y T. graveolens), producen sustancias como trimetil-amina, ascaridol, ácidos orgánicos, diversos hidratos de carbono, rafinosa, sorbita, sacarosa y glucósidoconoferina. En sus jugos abundan los cloruros y oxalatos y al parecer no contienen alcaloides (Font Quer, 1962). Todo esto es de gran importancia dentro del ramo químico-farmacéutico, ya que pueden ser utilizados para la obtención de materias primas que ayudan a la elaboración de productos químicos. En algunos lugares se utilizan para la elaboración de infusiones que actúan como antihelmínticos o estomacales.

#### IV. ASPECTOS CITOGENÉTICOS.

Algunos miembros de la familia Chenopodiaceae son de difícil ubicación taxonómica. Un ejemplo es el género Chenopodium L., a causa de que no existen diferencias morfológicas muy marcadas entre ellos y sí muchas semejanzas.

En los estudios iniciales en Chenopodiaceas, los investigadores determinaban como Ch. album a muchas especies similares morfológicamente, sin embargo, con estudios complementarios de laboratorio como análisis citológicos, bioquímicos, electroforéticos y de campo, así como algunas características morfológicas de los cultivares han ayudado a situar cada especie donde le corresponde (Seaman y Wilson, 1984; Wilson, 1976, 1980, 1981a, b; Wilson et al., 1983; Wilson y Heiser, 1979). Se informa de varios casos de poliploidía en estas plantas, dependiendo de la especie y lugar de cultivo (Ver cuadro 1). La presencia de poliploidía parece ser constante en la mayoría de las especies, sin embargo existen variaciones en cuanto al nivel de la misma.

Uotila (1973), plantea que, según sus estudios, el número básico de cromosomas para el género Chenopodium es  $x=9$ , sin embargo en la Sección Ambrina y Roubieva el número básico es  $x=8$ .

Giusti (1964), reporta  $x=9$  como número básico para la Sección Chenopodia.

Basset y Drompton (1982), reportan que existe divergencia en el número cromosómico en el género Chenopodium en Norte América.

Tanaka y Tanaka (1980), proponen que Ch. ambrosioides var. pubescens pertenece a otro grupo con un número básico diferente:  $x=32$ .

En el Cuadro No. 1 se encuentran los números cromosómicos de los que se han informado hasta ahora en las especies objeto de este estudio.

SECCION/SUBSECCION	GENERO Y ESPECIE	n	2n REFERENCIA
Seccion <u>Anbrina</u>	<u>Chenopodium ambrosioides</u>	8	16 Kawatani y Ohno, 1950 16 Mehra, Malik, 1963
		16	32 Lorz, Moroshilov, 1937 32 Kawatani y Ohno, 1950 32 Raghavan, Anra, 1958 32 Tanaka y Tanaka, 1930
		18	36 Kjellmark, 1934 36 Meiser, Whitaker, 1948 48 Kawatani y Ohno, 1950 64 Susuba, Koriba, 1947 64 Kawatani y Ohno, 1950
Seccion <u>Chenopodia</u>	<u>Ch. album</u>	9	18 Raghavan, 1958 Mehra y Malik, 1963 Dvorak y Grull, 1978
Subseccion <u>Lajosperma</u>		9	27 Sharma, 1970
		18	36 Winge, 1917 Cooper, 1935 Maude, 1939 Love y Love, 1944, 1956 Belay, 1947 36 Meiser y Whitaker, 1948 Raghavan, 1958 Sorsa, 1962 Mehra y Malik, 1963 Labadi, 1976 Kjellmark, 1934 Raghavan, 1958 Love y Love, 1961 Mehra y Malik, 1963 Giusti, 1964 Sharma, 1970 Crompton y Bassel, 1962 Rouchard, 1973 Schwartzova, 1978 Gervais, 1979 Bir y Shida, 1980 Tanaka y Tanaka, 1930 Strid y Franzan, 1981
Seccion <u>Chenopodia</u>	<u>Ch. berlandieri</u>	9	18 Crawford, 1960 Bassel y Crompton, 1962 Crawford, 1960
			36 Wilson, Milligan, 1961 Cole, 1962 Hawser, 1963
	<u>Ch. berlandieri</u> esp. <u>mutalliae</u>		36 Wilson y Meiser, 1979

CUADRO No. 1.- NUMEROS CROMOSOMICOS  
DEL GENERO Chenopodium DE LOS QUE  
SE TIENE INFORMACION.  
(Tomado de Geldblatt, 1981, 1984).

#### U. - GENERALIDADES DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

A) Telexys ambrosioides (L.) Weber. (Chenopodium ambrosioides L.).

Se le conoce con varios nombres, entre ellos: epazote, pesote, posota, hierba santa, hierba hormiguera, té de Nueva España, té de México, té de España.

Es una hierba anual y en ciertos casos perenne, crece por arriba de un metro de altura, muy ramificada, pubescente, aromática. Las hojas son de 3-12 cm. de longitud, ovaledas, lanceoladas, con peciolo corto y bordes más o menos sinuosos, provisto de pelos cortos y ralos, glandulíferos en la parte inferior.

Las inflorescencias con flores pequeñas (alrededor de 1mm.), con bráctea pequeñas, paniculadas, séviles, en espigas de 3-7 cm. El pericarpio adherente, delgado suave; las semillas presentan una orientación horizontal o vertical de 0.4 - 0.9 mm. de ancho y 0.8 - 1.0 mm. de largo. Testa suave.

Su período de floración es de julio a septiembre.

Se encuentra en áreas perturbadas, al pie de muros, junto a los caminos, en la vecindad de habitaciones humanas, en litorales y en tierras bajas (Fig.1).

Las flores y hojas contienen esencias aromáticas en una proporción de 0.25 % del total de la planta, pero esta cantidad relativamente pequeña aumenta en ciertas regiones, la cantidad de esencias es mayor cuando en lugar de hojas se destilan las

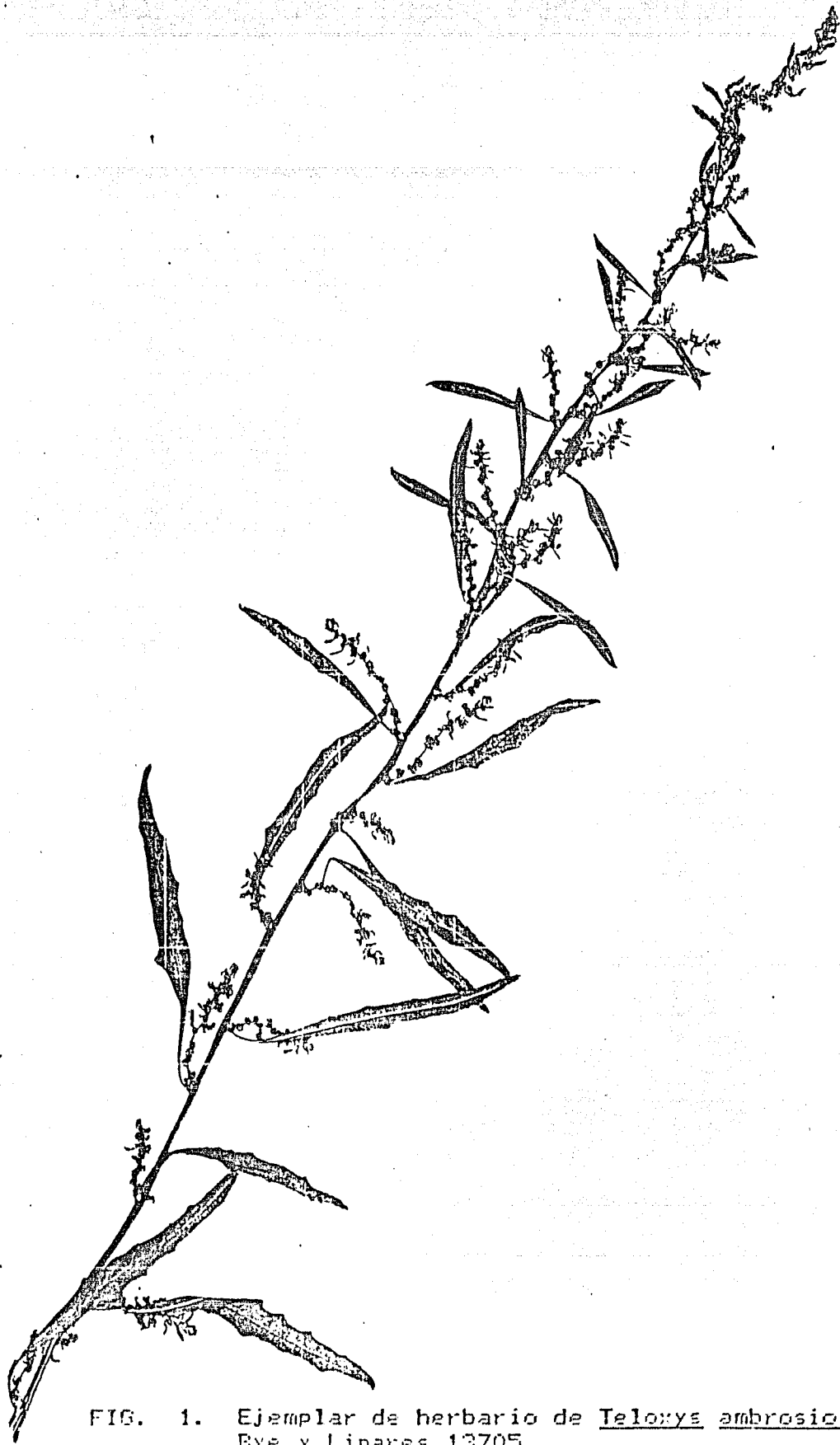
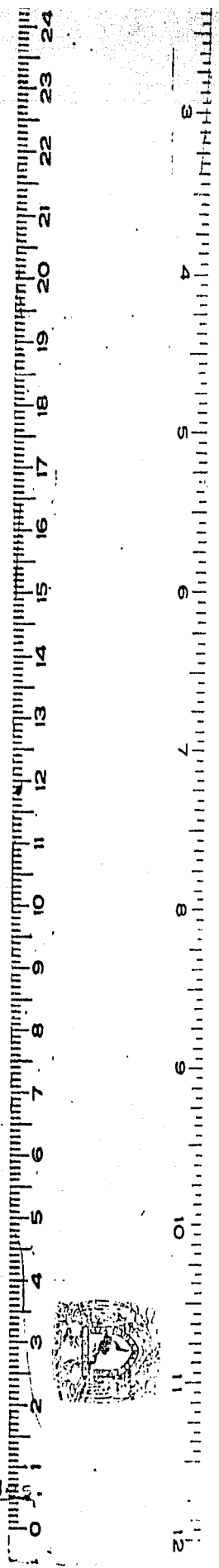


FIG. 1. Ejemplar de herbario de Taloxys ambrosioides,  
Eye y Linares 13705.



inflorescencias porque las glándulas oleíferas abundan sobre todo en la parte superior externa del fruto.

La esencia de epazote está constituida por alrededor del 60-70 % del llamado escaridol, un peróxido terpénico de olor desagradable y sabor acre.

Además contiene p-cimol, terpineno, mentadieno, limoneno levógiro, alcanfor dextrógiro, ácido salicílico, salicilato de metilo y ácido butírico entre otras sustancias. Tiene notable virtud antihelmíntica, es buen estomacal en infusiones de las inflorescencias. Como vermífida se usa su esencia o en infusión en ayunas por la mañana (Basset y Crompton, 1982; Font Quer, 1962).

Con respecto al número de cromosomas observado en I. ambrosioides, Uotila (1973), reporta  $n=16$  en material del Norte de Europa; el número básico es  $x=8$  como ya se mencionó anteriormente. Tanaka y Tanaka (1980), contaron 32 cromosomas de  $1.5\mu - 0.8\mu$ . No observaron cromosomas con centrómero terminal o subterminal, pero encontraron un par de satélites pequeños en cromosomas submetacéntricos; en meiosis observaron 16 bivalentes.

#### B) Chenopodium album L.

Es una hierba comestible que se conoce con los nombres de quelite o quelite de marrano.

Es un grupo no alveolado de la Subsección Lajosperma, que ha sido tomado como modelo para clasificar bajo este nombre a otras especies de Secciones diferentes a él.



Es una planta anual, por arriba de dos metros de longitud, erecta, ramificada, con tallos angulados, glabrosos. Hojas muy verdes, delgadas, oblongas, las superiores lisas, las inferiores dentadas, harinosas por la parte del envés.

Las inflorescencias bracteadas con glomérulos espaciados, los lóbulos del perianto redondeados, poco quillados; pericarpio suave, no adherente. Semillas con orientación horizontal de 0.9-1.4 mm. de largo y 0.9-1.0 mm. de ancho; testa suave reticulada o alveolada.

Estas plantas se encuentran en áreas perturbadas. Su floración es de junio a septiembre (Fig. 2).

Estudios bibliográficos y arqueológicos realizados en E.U. por Seeman y Wilson (1984), reportan que los indígenas que habitaban las tierras del Oeste Medio, colectaban esta planta silvestre para utilizar en algunos casos las puntas y las hojas y en otros las semillas con fines alimenticios.

Con respecto a su origen, algunos autores consideran que es eurasiático, naturalizado en Norte América durante el período prehistórico (Seeman y Wilson, 1984). Seeman y Wilson (1984), mencionan que Moss (1960) cree que parte de *Ch. album* es oriundo del Continente Americano. Allen y Just (1943) lo consideran como introducido.

La identificación del material arqueológico de esta especie, parece indicar que fue nativa o naturalizada en Norte América durante la Prehistoria.

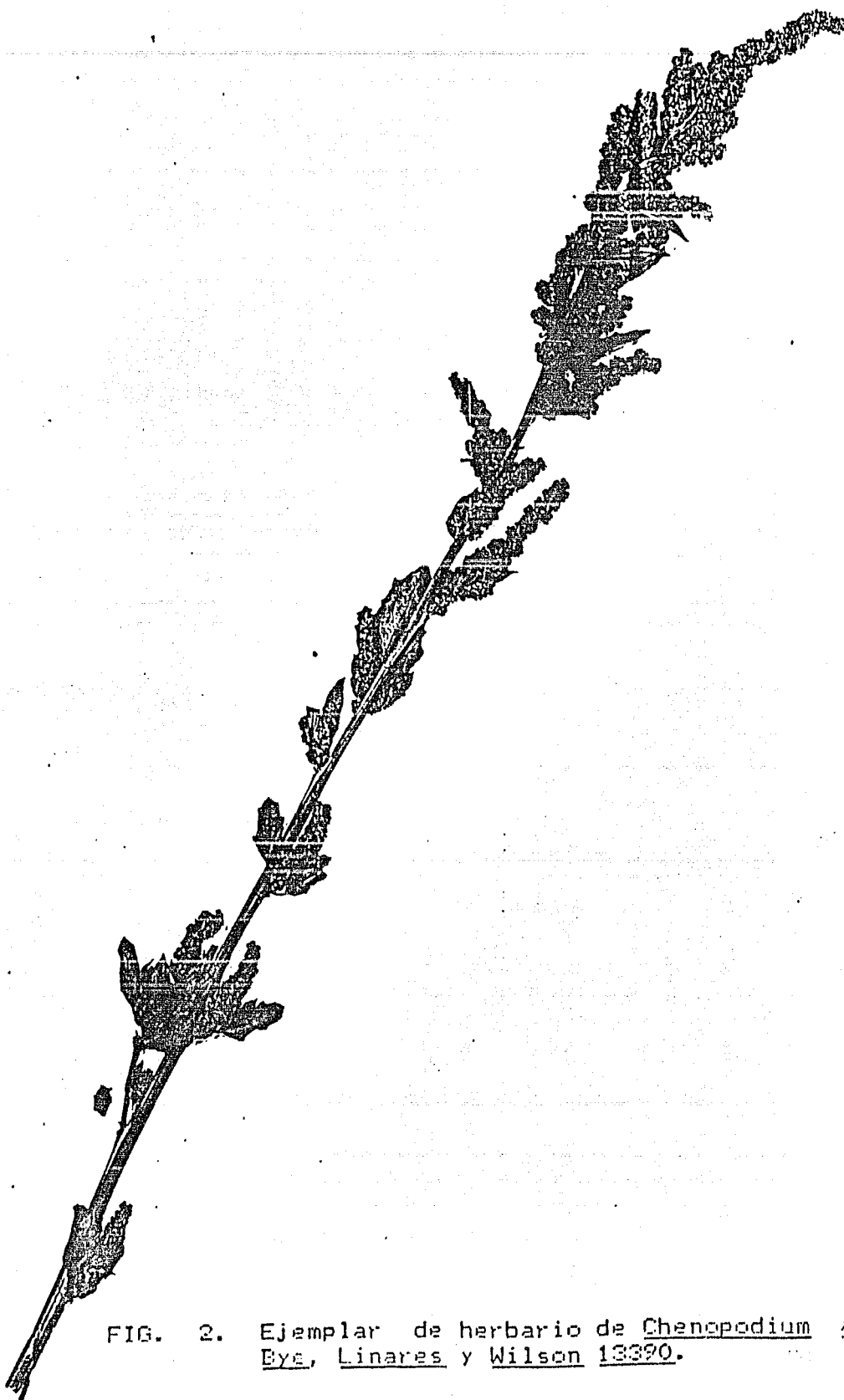
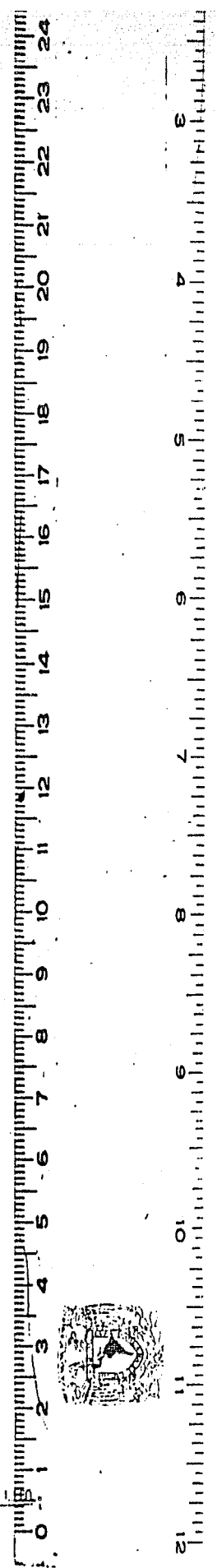


FIG. 2. Ejemplar de herbario de Chenopodium album  
Bye, Linares y Wilson 13390.



Según Giusti (1964), Ch. album es una especie polimórfica, lo cual se pone de manifiesto por una gran cantidad de entidades intraespecíficas que han sido descritas por diferentes autores. Se han citado diploides  $2n=18$ ; tetraploides  $2n=36$  y hexaploides  $2n=54$ , siendo este último número el más elevado encontrado en las especies argentinas.

Uetila (1972), reporta que es hexaploide con  $2n=54$ . Este mismo autor menciona a: Cola (1962) que reporta el mismo número; Kjellmark (1934), en Suecia, reporta  $2n=27$  y Sorsa (1962) en Finlandia  $n=18$ ; Witte (1947) observó 36 cromosomas como número diploide; Keener (1970), reporta  $2n=54$ . Tanaka y Tanaka (1980) encontraron  $2n=54$  con una longitud de  $2.5 \mu\text{m} - 1.3 \mu\text{m}$ , con cromosomas metacéntricos, submetacéntricos y acrocéntricos.

Encontraron satélites en dos pares de cromosomas con centrómero subterminal. En meiosis observaron 27 bivalentes.

#### C) Chenopodium berlandieri Moq.

Se la conoce con los nombres de huauzontle, quelite, quelite cenizo, chíca.

Pertenece al grupo alveolado de la Subsección Cellulata. Es una planta anual, por arriba de un metro de longitud, erecta, ramificada de tallos angulares y estriados. Hojas relativamente delgadas, verdes, lanceoladas u ovals, de 1.5 - 9.0 cm. de longitud y de 1.6 cm. de ancho; los márgenes dentados, ápice agudo, pecioladas, el envés harinoso. La inflorescencia con glomérulos redondeados en grandes espigas. Lóbulos del perianto prominentes, quillados, cubriendo la mayor parte de las semillas en la madurez. Pericarpio adherente mostrando una área amarilla

en la base del estilo (estilopodio).

Las semillas con orientación horizontal de 1.1 -1.3 mm. de ancho y 1.1- 1.4 mm. de largo; testa lisa. La época de floración es de junio a septiembre. Se les encuentra en Áreas perturbadas , a lo largo de los caminos (Basset y Crompton, 1982) (Fig. 3).

Wilson Heiser (1979) consideran que las evidencias arqueológicas indican que una especie semejante a Ch. berlandieri ssp. nulliflora se encontró en Norte América, por lo que se considera nativa del Nuevo Mundo, suponiendo que fue introducida a la agricultura mexicana puesto que es típica de este país.

En la época prehispánica esta planta conocida como "huauzontle" era de gran importancia ya que se incluía como uno de los principales tributos que eran llevados a los gobernantes aztecas.

No se sabe con seguridad si la planta doméstica dió origen a la silvestre o viceversa, puesto que existe compatibilidad y fertilidad en las cruzas entre silvestres y domésticas. En México se presentan tres variedades: "huauzontle" de frutos oscuros o blancos, "quelita" de frutos oscuros y "chia" de frutos oscuros y grandes.

Los estudios electroforéticos de Wilson (1978), demuestran tetraploidía debida a una alopoliploidía por lo que se considera un tetraploide de la Subsección Gellulata.

Mulligan (1961) y Simmonds (1965) encuentran  $2n= 36$ , mientras que Basset y Crompton (1982) al igual que Crawford (1973) reportan  $n=18$ .

En el cuadro No. 2 se presentan las características

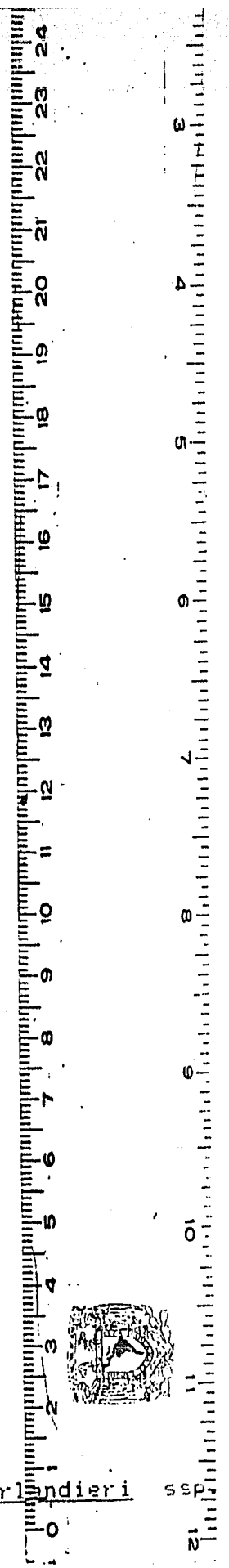
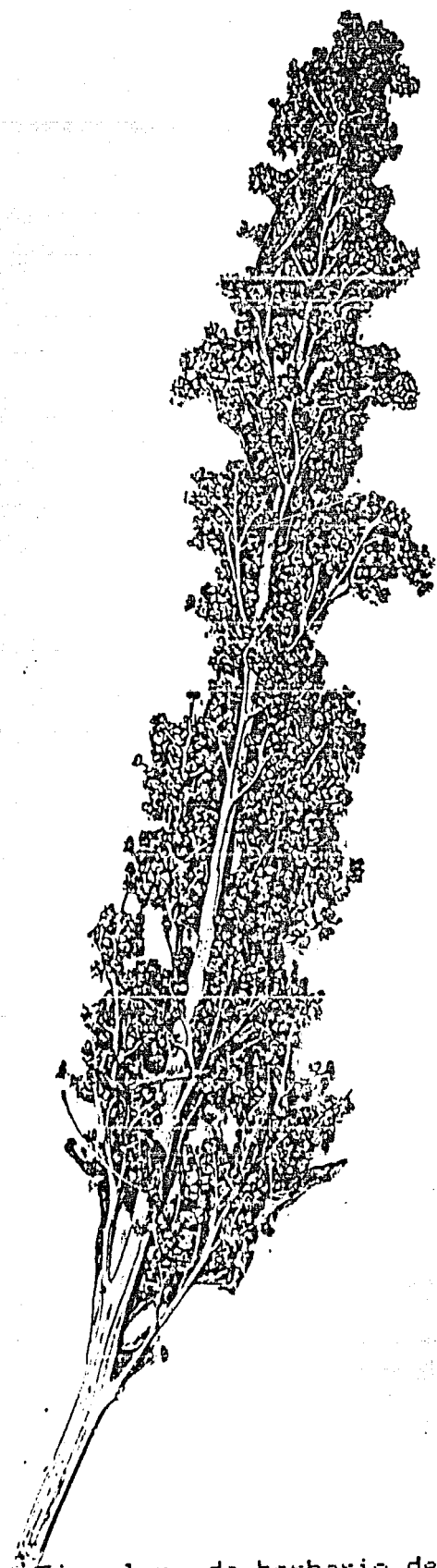


FIG. 3. Ejemplar de herbario de Chenopodium berlandieri ssp nuttalliae. Bye y Linares 13547.

NOMBRE CIENTIFICO	<u>Teloxys ambrosioides.</u>	<u>Chenopodium album</u>	<u>Chenopodium berlandieri</u> esp. <u>nuttalliae</u>
NOMBRE COMUN	Epacote, pasote, posote, hierba santa, te de nueva Espana te de Mexico, te de Espana.	quelite, quelite de marrano.	huazontle, quelite, chia.
FORMA DE VIDA	Hierba anual o perenne. aproxi- madamente de 40-100 cm de longitud ramificada, pubescente, aromatica.	Hierba anual, sobrepasa 1 m altura, erecta, ramificada.	Hierba anual, sobrepasa 1 m. de longitud erecta, ramificada.
ALLOS	Cilindricos, erectos.	Angulados, glabrosos.	Angulares, estriados.
HOJAS	Delgadas, ovaladas, lanceoladas bordes sinuosos, con pelos cortos y ralos, glanduliferos en la parte inferior.	Delgadas, oblongas, pecioladas, las inferiores dentadas, harinosas por el anves.	Delgadas, lanceoladas y ovals, margenes dentados, apice agudo, pecioladas.
INFLORESCENCIAS	Espigas de 3-7 cm. de longitud flores de aproximadamente 1 mm. de longitud, sésiles, paniculadas, con bracteadas pequenas.	Espigas de 10-20 cm. de longitud, flores de aproximadamente 1.5 mm. de longitud, sésiles con glomerulos.	Espigas de 15-20 cm. de longitud. flores flores de aproximadamente 1.5 mm. de longitud, con glomerulos redondeados, perianto quillado, pericarpio adherente.
FRUTOS	Semillas de 0.4-0.9 mm. de ancho y 0.8-1.0 mm. de largo. Pericarpio adherente, testa lisa.	Semillas de 0.9-1.0 mm. de ancho y 0.9-1.4 mm. de largo, testa reticulada o alveolada.	Semillas de 1.1-1.3 mm. de ancho / 1.1-1.4 mm. de largo. Testa lisa.
FLORACION	Junio a Septiembre.	Junio a Septiembre.	Junio a Septiembre.
HABITAT	Areas perturbadas. Junto a los caminos, vecindad de habitaciones humanas, litorales y tierras bajas.	Areas perturbadas, orillas de caminos, vecindad de habitaciones humanas.	Areas perturbadas, orillas de caminos, vecindad de habitaciones humanas.
UTILIDAD	Industria quimico-farmacéutica. vermicida, condimento alimenticio.	Alimento y forraje.	Alimento y forraje.

CUADRO No. 2.- PRINCIPALES DIFERENCIAS  
MORFOLOGICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

comparativas de las tres especies.

## VI. OBJETIVO.

Debido a la diferencia en el número cromosómico y a la escasa información que se tiene hasta la fecha para las especies mexicanas del género Chenopodium, este trabajo tiene como finalidad:

- 1.- Obtener el número básico ( $x$ ) de los representantes mexicanos de Teloxys ambrosioides, Ch. album y Ch. berlandieri ssp. nuttalliae.
- 2.- Determinar el número cromosómico y nivel de ploidía de algunas poblaciones así como comparar el cariotipo de cada especie analizada.
- 3.- Investigar si la información citogenética apoya la idea de reubicar las especies de Teloxys con respecto a otras del género Chenopodium.
- 4.- Contribuir a estudios biosistemáticos y etnobotánicos que profundicen en los mecanismos de evolución y si en ellos ha intervenido la domesticación debida al manejo humano.

## VII. MATERIAL Y METODO:

El material utilizado en este trabajo es el siguiente:

GENERO Y ESPECIE	COLECTOR	No. DE COLECTA	LOCALIDAD
<u>Teloxys ambrosioides</u>	<u>Eye y Linares</u>	<u>13705</u>	Sn. Juan Tepecooculco Mpio. Atlautla, Ms.
<u>Chenopodium album</u>	<u>Eye, Linares y Wilson</u>	<u>13390</u>	Mirador Sur de Milpa Alta, D.F.
	<u>Eye y Wilson</u>	<u>13404</u>	Campo experimental SARH-INIA-CIAB-CAED Celaya, Gto.
<u>Ch. berlandieri</u> <u>ssp. nuttalliae</u>	<u>Eye, Linares y Wilson</u>	<u>13387</u>	Sn. Gregorio Atlautla, Xochimilco D.F.
	<u>Eye, Linares y Wilson</u>	<u>13322</u>	Mirador Sur de Milpa Alta, D.F.
	<u>Eye y Linares</u>	<u>13547</u>	Sn. Juan Tepecooculco
		<u>13549</u> <u>13550</u>	Mpio. Atlautla, Mex.

La determinación del número cromosómico y la elaboración del cariotipo se llevaron a cabo en células metafásicas obtenidas por el siguiente procedimiento:

Se germinaron semillas en pequeñas bolsas de plástico con vermiculita humedecida con agua.

Se colocaron en el invernadero hasta que aparecieron las primeras hojas. Se cortaron los meristemas radicales de raíces primarias entre las 7:00 y 8:00 hs., para pretratarlos con 8-hidroxiquinoleína 0.002 M. durante 5 hs. a 18°C permaneciendo en la oscuridad.



A continuación se colocaron en fijador Solución Farmer, alcohol absoluto - ácido acético glacial en proporción 3:1, manteniéndolos en refrigeración al menos 24 hs. hasta su tinción.

Previamente a ello se enjuagaron en agua destilada para proceder a hidrolizar en HCl 1N a 60 °C durante 12 minutos. Después se colocaron en colorante Feulgen elaborado a base de fucsina básica (según García, 1977), alrededor de 20 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad hasta que tifieron.

Una vez teñido el meristemo, se procedió a cortar un pequeño trozo de éste y colocarlo en un portaobjetos con una gota de acetorceína al 1 %, sobreponiendo el cubreobjetos y realizando la técnica de aplastamiento.

Quando eran localizados en el microscopio óptico células con cromosomas bien separados y con buena morfología, las preparaciones se colocaban en hielo seco durante aproximadamente 20 minutos, hasta que escarchaban. Enseguida se separaba el cubreobjetos con la hoja de un bisturí y junto con el portaobjetos se sumergían en alcohol absoluto para deshidratar el tejido. Se dejaba secar el alcohol y se colocaba una gota de bálsamo de Canadá para hacerlas permanentes.

Se analizaron alrededor de 50 células metafásicas provenientes de 10 plantas por cada población y para cada especie analizada. No en todas las células pudo observarse claramente la forma y el tamaño de los cromosomas, pero por lo menos en 10 de ellas se observaron estos datos claramente.

Las mejores células se seleccionaron y fotografiaron utilizando un fotomicroscopio Carl-Zeiss optovar 1.25 con objetivo 100x.

El cariotipo de una célula somática de cada especie analizada, se dibujó en una cámara lócida Carl-Zeiss. Las fotografías fueron amplificadas.

La clasificación de los cromosomas está basada en lo propuesto por Naranjo et al (1983, 1986).

#### VIII.- RESULTADOS.

En la tabla 1 puede observarse que:

A) Teloxys ambrosioides presentó un  $2n= 32$ , la longitud de los cromosomas varió entre  $1.2\mu m$ . y  $0.8\mu m$ . Se encontraron 13 pares de cromosomas metacéntricos y tres pares de submetacéntricos, observándose satélites en dos pares de cromosomas metacéntricos y en uno de submetacéntricos. Fig.4 y 5.

Del total de células observadas en T. ambrosioides, un 13.9% fueron poliploides con 64 cromosomas.

B) En las poblaciones de Ch. album incluidas en este trabajo, se encontró un  $2n= 54$  donde la longitud de los cromosomas varió entre  $1.5\mu m$  y  $0.8\mu m$ . Se encontraron 24 pares de cromosomas metacéntricos y tres pares de cromosomas submetacéntricos, observándose satélites en un par de metacéntricos. Figs. 6, 7 y 8.

C) Ch. berlandieri ssp. nuttalliae presentó un  $2n= 36$  en todas las poblaciones estudiadas, cuya longitud cromosómica osciló entre  $1.8\mu m$ . y  $1.0\mu m$ . Se encontraron 15 pares de cromosomas

GENERO Y ESPECIE	2n	LONGITUD (µm)	FÓRMULA CARIOTÍPICA	CONSTRICCIONES SECUNDARIAS
<u>Teloxys ambrosioides</u>	32	1.2 - 0.8	13M + 3SM	2M y 1SM
<u>Ch. album</u>	54	1.5 - 0.8	24M + 3SM	1SM
<u>Ch. berlandieri</u> ssp. <u>nuttalliae</u>	36	1.8 - 1.0	15M + 3SM	2M

NOTA: M = METACÉNTRICO  
SM = SUBMETACÉNTRICO

TABLA No. 1 - ANÁLISIS CARIOTÍPICO  
DE UNA ESPECIE DE *Teloxys* Y DOS  
ESPECIES DE *Chenopodium*

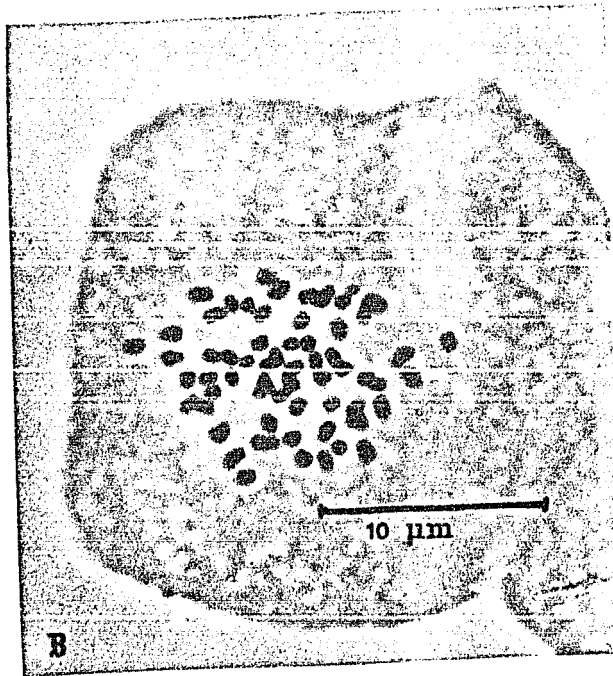
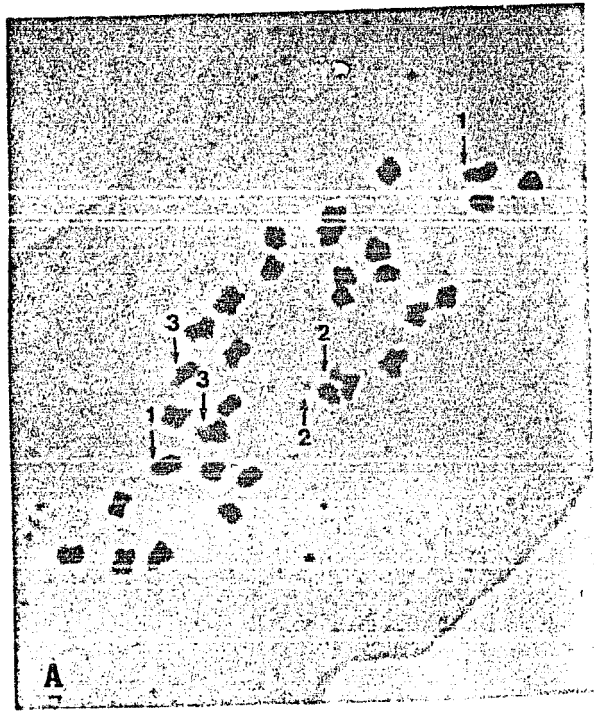


FIG. 4. Células somáticas de T. ambrosioides de la población de Sn. Juan Tepecoculco. A. Diploide con  $2n=32$ . B. Poliploide con  $2n=64$ . Las flechas señalan constricciones secundarias.

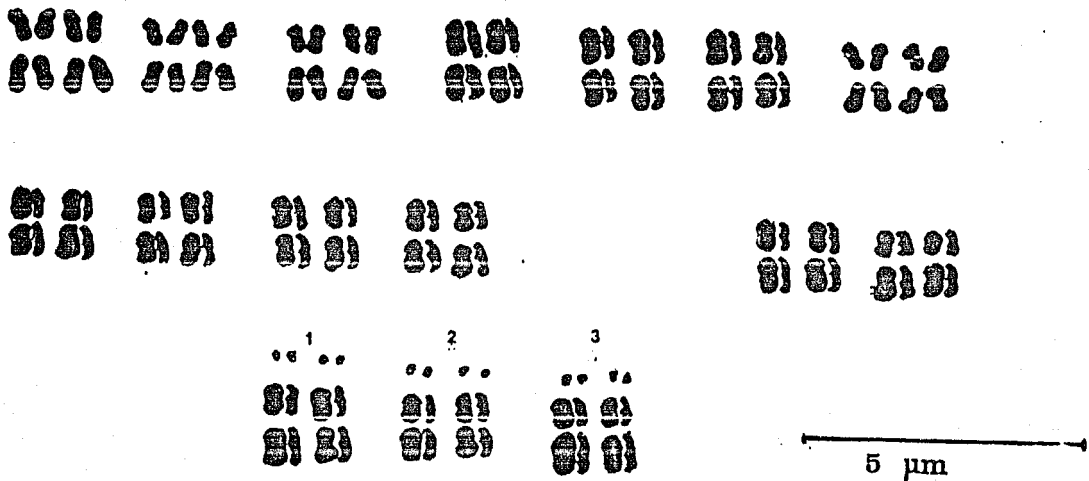


FIG. 5. Dibujo en Cámara Lúcida del cariotipo de I.  
ambrosioides con  $2n=32$ .

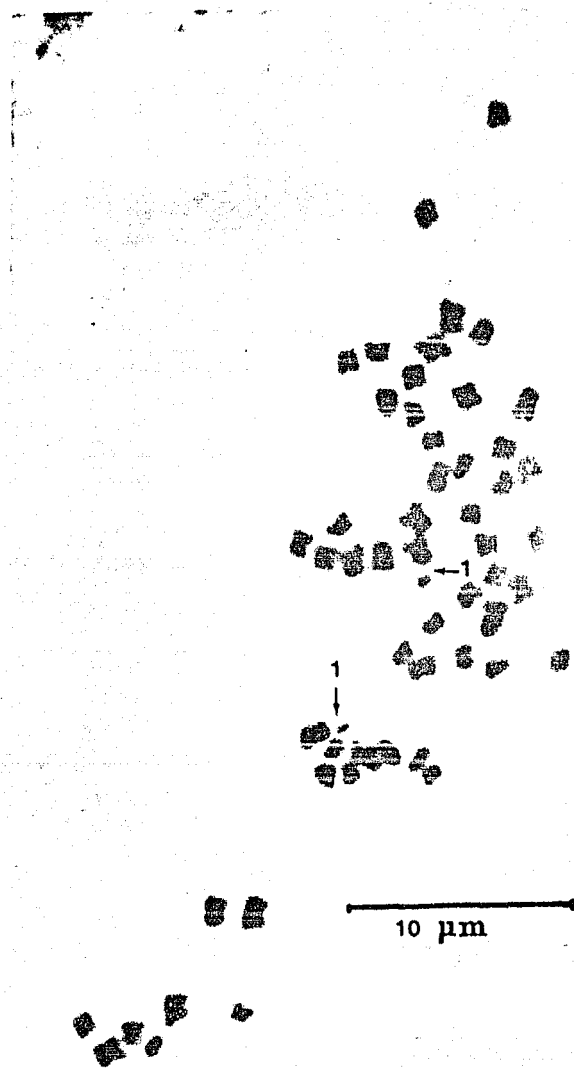
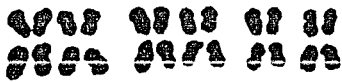


FIG. 4. Célula somática de Ch. album de la población de Milpa Alta con  $2n=54$ . Las flechas señalan constricciones secundarias.



5  $\mu$ m

FIG. 7. Dibujo en Cámara Lúcida de los cromosomas de Ch. album con  $2n=54$ .

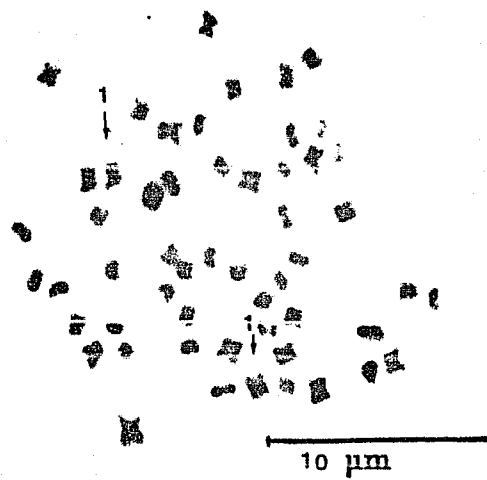


FIG. 9. Célula somática de Ch. album de la población de Celaya, Gto. con  $2n=54$ . Las constricciones secundarias se señalan con flechas.



metacéntricos y tres pares de cromosomas submetacéntricos, observándose satélites en dos pares de cromosomas metacéntricos. Figs. 9 a 12.

En esta especie se encontró un 13.3 % de células poliploides con 72 cromosomas. El tamaño de estos fue muy similar al de las especies diploides y exactamente el doble en cuanto a número de metacéntricos y submetacéntricos.

#### IX.- DISCUSION.

El  $2n=32$  obtenido en este trabajo para Teloxys ambrosioides (sinonimia Chenopodium ambrosioides) coincide con lo reportado para Chenopodium ambrosioides por Lorz (1937) y Uotila, (1973) Kawatani y Ohno (1950), Bhagavan y Arora (1958), Tanaka y Tanaka (1980).

En el material estudiado no se observaron series poliploides, sin embargo, se observó un 13.9 % de células poliploides en el total analizado. Esta situación se informa por primera vez para el género Chenopodium, aunque ya Lorz (1934) lo había observado en Spinacia oleracea de la misma familia Chenopodiaceae. La existencia de células poliploides ha sido ya reportada en algunas especies de Zephyrantas (Amaryllidaceae) por Bhattacharyya (1972), quien atribuye el origen de estas células poliploides a replicaciones endomitóticas, es decir, divisiones mitóticas sin separación de células hijas, lo que origine las células tetraploides.

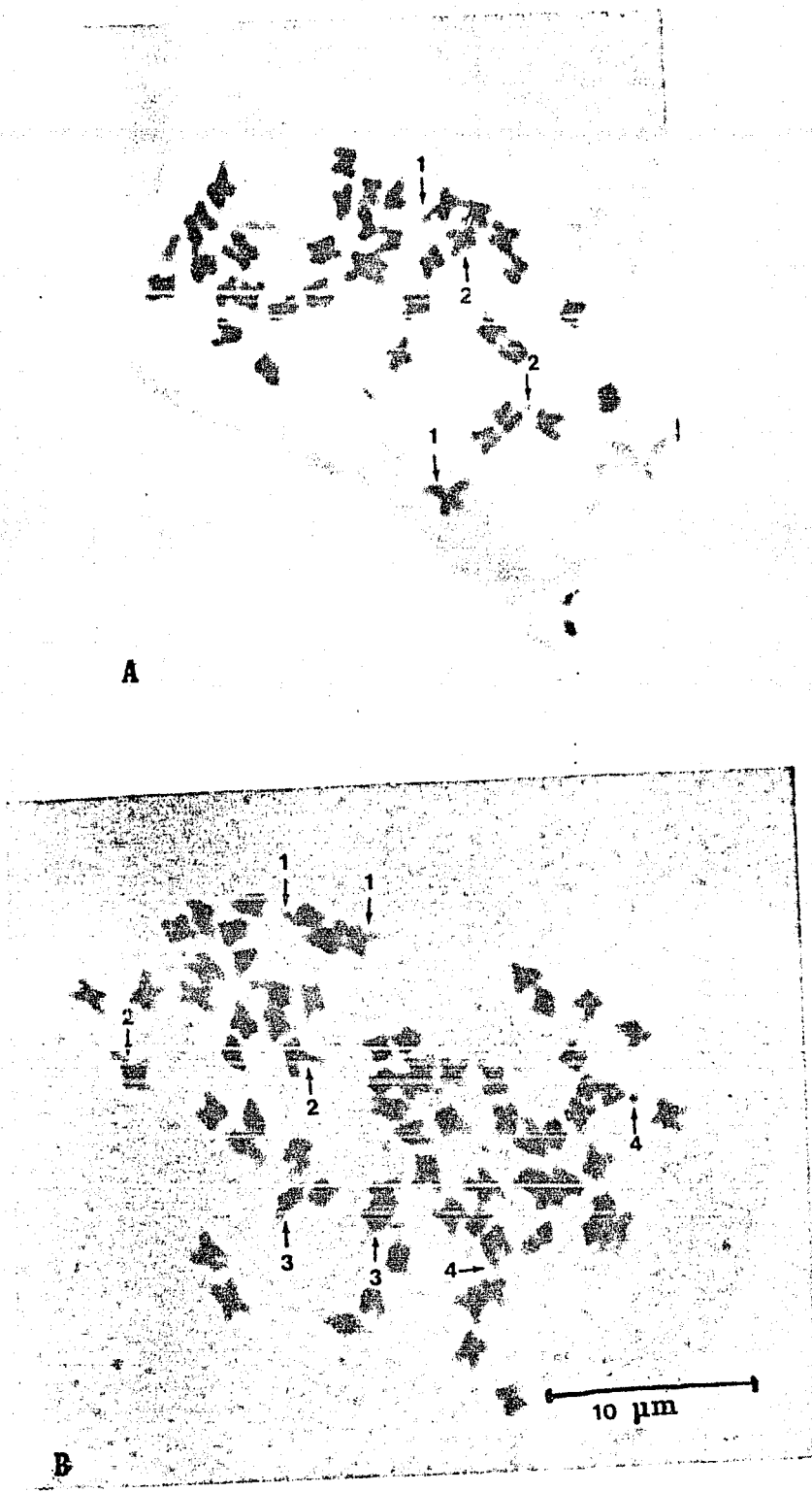


FIG. 2. Células somáticas de Ch. berlandieri ssp. nuttalliae de la población de Sn. Juan Tepacoculco. A. Diploide con  $2n=36$ . B. Poliploide con  $2n=72$ . Las flechas señalan constricciones secundarias.

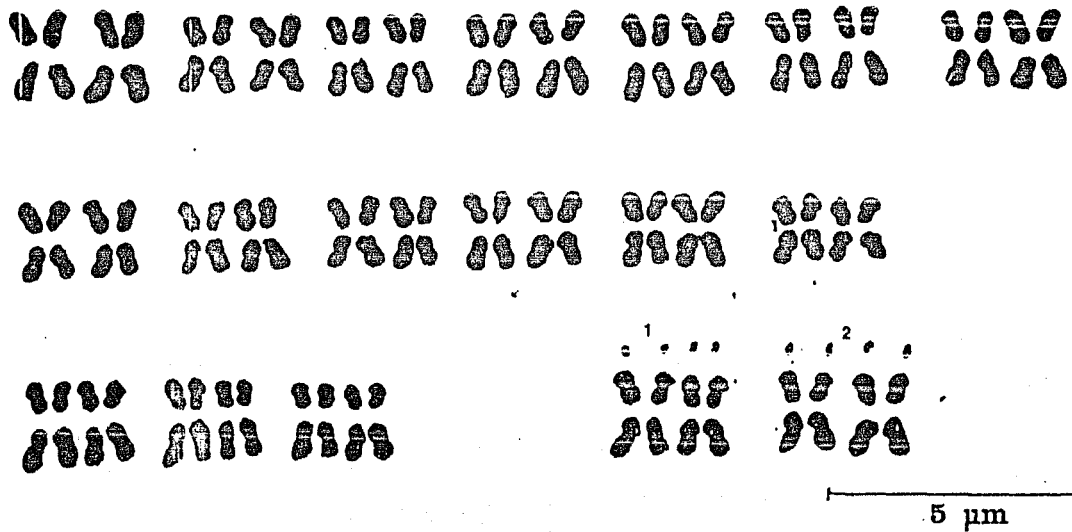


FIG. 10. Dibujo en Cámara Lúcida de los cromosomas de Ch. berlandieri ssp. nuttalliae con  $2n=36$ .

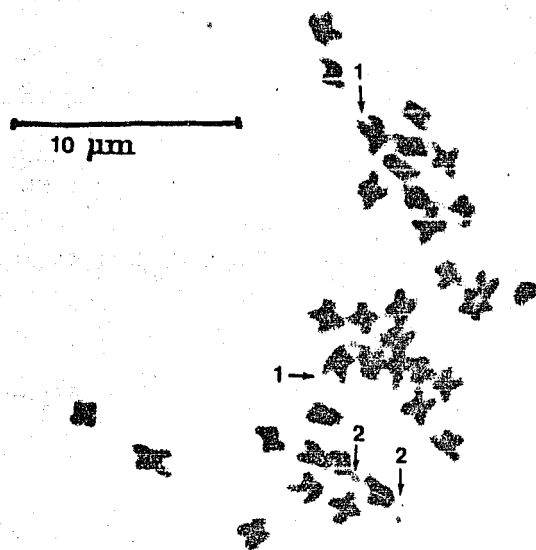


FIG. 11. Células somáticas de Ch. berlandieri ssp. nutalliae de la población de Sn. Gregorio Atlapulco con  $2n=36$ . Las flechas señalan constricciones secundarias.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

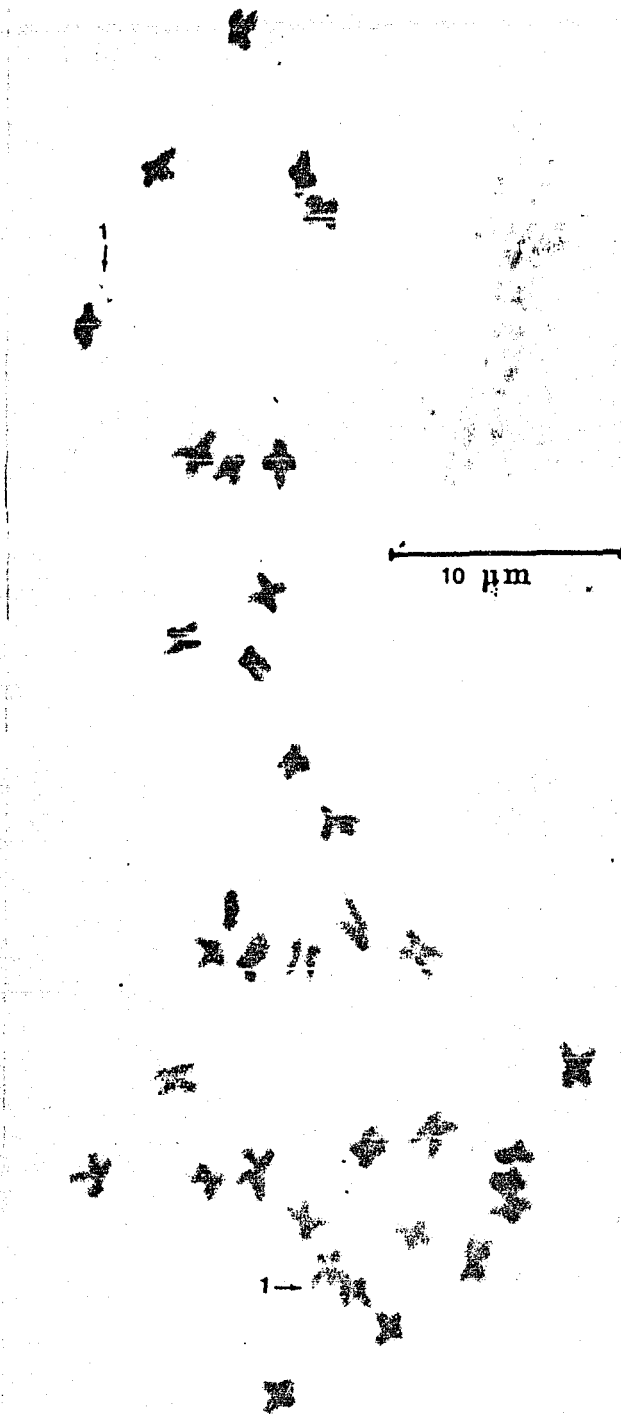


FIG. 12. Célula somática de Ch. berlandieri ssp. nuttalliae de la población de Milpa Alta con  $2n=36$ . Las flechas señalan constricciones secundarias.

Los resultados aquí obtenidos coinciden a su vez con el número básico ya reportado por los autores antes mencionados.

Al analizar las estructuras del cariotipo de T. ambrosioides se encontró que la presencia de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos coincide con lo reportado por Tanaka y Tanaka (1980), sin embargo existen pequeñas diferencias en cuanto al tamaño de los mismos, pues ellos reportan una longitud cromosómica de 1.5  $\mu$  - 0.8  $\mu$  y en este trabajo se encontró entre 1.2  $\mu$  - 0.8  $\mu$ . En cuanto a la presencia de satélites los autores citados los encuentran en un par de cromosomas submetacéntricos, mientras que los aquí reportados se localizan en dos pares de cromosomas metacéntricos y en uno de submetacéntricos.

Esta diferencia puede deberse a que la especie estudiada por ellos pertenece a la variedad pubescens. Además debe tomarse en cuenta que las condiciones ambientales a que están sujetas las poblaciones son distintas así como también la selección que el hombre ha tenido sobre ellas y por lo tanto, han podido seguir caminos evolutivos diferentes.

Chenopodium album con  $2n = 54$  concuerda con lo reportado por Uotila (1972), Rhagavan (1958), Bassett y Crompton (1976), Gervais (1979) y Tanaka y Tanaka (1980). Aunque ha habido informes de otros números cromosómicos en esta especie, se demostró en estudios posteriores que las poblaciones estudiadas correspondían a otras especies.

Los cromosomas metacéntricos y submetacéntricos en el cariotipo de esta especie son similares a los registrados por Tanaka y Tanaka (1980), sin embargo ellos observaron dos pares de cromosomas con centrómero subterminal con satélites y en el caso aquí reportado los satélites se localizaron en un par de cromosomas metacéntricos.

Giusti (1970) y Wilson (1981b) consideran que Ch. album es un hexaploide de origen alopoliploide, lo cual concuerda con los estudios hechos por Tanaka y Tanaka (1980). Los datos obtenidos en este estudio apoyan esta proposición puesto que los satélites no se encuentran en tres pares de cromosomas como debería esperarse para una especie autopoliploide.

De las cinco poblaciones de Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae se obtuvo un  $2n=36$ , coincidiendo con los reportes de Wilson y Heiser (1979) y concuerdan con los reportes de Crawford (1973) y Mulligan (1961) para Chenopodium berlandieri.

Se observó en el presente estudio un 18.6 % de células tetraploides con  $2n=72$  cuyo origen puede deberse a una no disyunción en el ciclo celular o por replicaciones endomitóticas.

El cariotipo encontrado en esta especie fue de 15 pares de cromosomas metacéntricos y tres pares de cromosomas submetacéntricos, presentándose satélites en un par de cromosomas metacéntricos.

El cariotipo de Ch. berlandieri ssp. nuttalliae, se informó por primera vez, puesto que Wilson y Heiser (1979) reportan únicamente el número cromosómico.

Los estudios bioquímicos llevados a cabo por Wilson y Heiser (1979) sugieren que Ch. berlandieri ssp. nuttalliae es una especie alopoliploide derivada posiblemente de un ancestro semejante a Ch. berlandieri var. zschakaei de Norte América.

Esto se ve reforzado con lo encontrado en este trabajo ya que sólo se encuentra un par de cromosomas metacéntricos con satélite.

Como puede observarse, T. ambrosioides se aparta cariotípicamente de las otras dos especies objeto de este estudio, tanto en el número como en el tamaño de los cromosomas, al igual que en el número y posición de los satélites.

Tanaka y Tanaka (1980), observaron que Ch. ambrosioides (sinonimia de Teloxys ambrosioides) variaba en relación a las otras especies de quenopodiáceas que estudiaron en lo referente al número básico  $x=8$ , y al menor tamaño de los cromosomas, a la ausencia de centrómero terminal o subterminal en ellos y a la separación temprana de las cromátidas hermanas durante la mitosis.

Estas diferencias aunadas a las características morfológicas y químicas propuestas por Weber (1985) muestran la divergencia evolutiva de Chenopodium ambrosioides, que justificadamente es considerada como Teloxys ambrosioides. Sin embargo, es necesario



profundizar en estudios de meiosis e hibridación para tener un conocimiento biosistemático más completo de la especie.

Aunque el origen de estas plantas es incierto, el estudio de los cariotipos, además de estudios biosistemáticos y de hibridación realizados por diferentes investigadores, apoyan la idea de que se trata de especies alopoliplóides y que la poliploidía, la hibridación y la selección han tenido un papel relevante en la historia evolutiva de las especies de Teloxys y Chenopodium.

La variedad de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos encontrados en las especies analizadas hace pensar que las inversiones pericéntricas, translocaciones y deleciones pudieron predominar en la evolución de los cromosomas de Chenopodium y Teloxys para originar cariotipos más asimétricos.

Las Chenopodiaceas combinan también las ventajas de la poliploidía y la domesticación, lo cual les permite sobrevivir en diferentes medios y ser mejor aprovechadas por el hombre para fines alimenticios y químico - farmacéuticos, o bien como forraje.

X.- CONCLUSIONES.

1.- Los números cromosómicos obtenidos en los tres especies de Chenopodiaceas mexicanas objeto de este estudio son : Teloxys ambrosioides (sinonimia Chenopodium ambrosioides)  $2n=32$ ; Chenopodium album  $2n=54$  y Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae  $2n=36$ .

2.- El número básico de T. ambrosioides es  $x= 8$ , mientras que el de Ch. album y Ch. berlandieri ssp. nuttalliae es  $x= 18$ .

Estos resultados concuerdan con los informes encontrados en la literatura para estas especies.

3.- El cariotipo de T. ambrosioides aquí reportado en lo referente a su número básico y a las características morfológicas y químicas de la planta, apoyan la reubicación taxonómica dentro del género Teloxys. Esta proposición se fundamenta igualmente en estudios bioquímicos y de hibridación realizados por otros autores.

4.- Se informan por primera vez el número  $2n= 72$ , al igual que el cariotipo para Ch. berlandieri ssp. nuttalliae.

5.- La variación encontrada en la proporción de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos en las tres especies estudiadas, sugiere que las inversiones pericéntricas, translocaciones y deleciones son los rearrreglos cromosómicos que están implicados en la evolución de estas especies.

6.- La poliploidia y la domesticación también han jugado un papel relevante en la evolución de estas plantas, lo cual se refleja en la diversidad de ambientes ecológicos que colonizan, proporcionando así mayores ventajas para su aprovechamiento en beneficio del hombre.

XI.- BIBLIOGRAFIA.

- AELLEN, P. Y T. JUST. 1943. Key and synopsis of the American species of the genus Chenopodium L. Amer. Midl. Naturalist. 30:47-67.
- BASSET, I. J. Y C.W. CROMPTON. 1982. The genus Chenopodium in Canada. Can. J. Bot. 60:586-610.
- BHATTACHARYYA, N.K. 1972. Chromosome inconstancy in Zephyranthes mesochloa Baker. Cytologia 37:423-433.
- CRAWFORD, D.J. 1973. Morphology, flavonoid chemistry and chromosomes numbers of the Chenopodium neomexicanum complex. Madroño 22:185-195.
- DAVIS, P.H. Y V.H. KEYWOOD. 1973. Principles of angiosperm taxonomy. Robert E. Krieger Publishing Company. Huntington, New York. 210-211 pp..
- DeWET, J.M.J. 1977. Origins of polyploids. En Lewis, 1980. Polyploidy. Plenum Press. N.Y. 3-15 pp.
- DOBZHANSKY, T. F. AYALA., G.L. STEBBINS Y J.W. VALENTINE. 1980. Evolución. Edic. Omega. España. 342 pp.
- EHRENDORFER, F. 1979. Polyploidy and distribution. En Lewis, W.H. 1980. Polyploidy. Plenum Press. N.Y. 45-60 pp.
- FAVARGER, C. 1967. Cytologie et distribution des plantes. Biol. Rev. 42:163-206.
- FONT QUER, P. 1962. Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Edit. Labor. Barcelona. 1033 pp.
- GARCIA, A. 1977. Manual de técnicas de citogenética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 37-47 pp.
- GIUSTI, L. 1964. Notas citotaxonómicas sobre Chenopodium album L. en Argentina. Darwiniana 12 (2-4):486-505.
- \_\_\_\_\_. 1970. El género Chenopodium en Argentina. I. Números de cromosomas. Darwiniana 16 (1-2):98-103.
- GOLDBLATT, P. 1981. Index to plant chromosome numbers. 1975-1978. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 3:18.

- \_\_\_\_\_. 1984. Index to plant chromosome numbers, 1971-1981. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 5:105.
- JONES, K. 1977. The role of Robertsonian change in karyotype evolution in higher plants. *Chromosomes Today* 6:121-122.
- KAWATANI, T. Y. T. OHNO. 1950. Chromosome numbers of genus Chenopodium. I. Chromosome numbers of Mexican Tea (Chenopodium ambrosioides L.). American Wormseed (Chenopodium ambrosioides L. var. anthelminticum A. Gray) and some allied species.- *Jap. J. Genet.* 25: 177-180.
- KEENER, C.S. 1970. Documented plant chromosome numbers, 70:1. *Sida* 3 (7):533-536.
- KIMBER, G. Y. R. RILEY. 1963. Haploid angiosperms. *Bot. Rev.* 29:480-531.
- LACADENA, J.R. 1981. *Genética*. 3a. edic. A.G.E.S.A. Madrid. 1303 pp.
- LEWIS, W.H. 1980. *Polyploidy. Biological Relevance*. Plenum Press, N.Y. 583 pp.
- LORZ, A. 1937. Cytological investigation of five Chenopodiaceae genera with special emphasis on chromosome morphology and somatic doubling in Spinacia. *Cytologia* 8:241-276.
- LOVE, A. 1951. Taxonomical evaluation of polyploids. *Caryologia* 3 (3):263-284.
- MEARS, J.A. 1979. Chemistry of polyploids. A summary with comments on Parthenium (Asteraceae-Ambrosiinae). En Lewis, W.H. 1980. *Polyploidy*. Plenum Press. N.Y. 77-102 pp.
- MOORE, B.M. 1968. The karyotype in Taxonomy. En Heywood, V.H. *Modern methods in plant Taxonomy*. Botanical Society of the British Isles and the Linnean Society of London. Academic Press, London. 61-75 pp.
- \_\_\_\_\_. 1979. The chromosomes and plant Taxonomy. En: Street, H.E. *Essays in plant Taxonomy*. Academic Press, London. 39-56 pp.
- MULLIGAN, G.A. 1961. Chromosome numbers of Canadian weeds. III. *Can. J. Botany*. 39:1057-1066.
- NARANJO, C.A., L. POGGIO y P. BRANDHAM. 1933. A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position. *Genetica* 62:51-53.
- \_\_\_\_\_. 1986. A new template for direct morphological classification of chromosomes. *Darwiniana* 27 (1-4):38-41.

- \_\_\_\_\_. 1984. Index to plant chromosome numbers. 1973-1981. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 5:105.
- JONES, K. 1977. The role of Robertsonian change in karyotype evolution in higher plants. *Chromosomes Today* 6:121-122.
- KAWATANI, T. Y. T. OHNO. 1950. Chromosome numbers of genus Chenopodium L. Chromosome numbers of Mexican Tea (Chenopodium ambrosioides L.), American Wormseed (Chenopodium ambrosioides L. var. anthelminticum A. Gray) and some allied species. - *Jap. J. Genet.* 25: 177-180.
- KEENER, C.S. 1970. Documented plant chromosome numbers. 70:1. Side 3 (7):533-536.
- KIMBER, G. Y. R. RILEY. 1963. Haploid angiosperms. *Bot. Rev.* 29:480-531.
- LACADENA, J.R. 1981. *Genética*. 3a. edic. A.G.E.S.A. Madrid. 1303 pp.
- LEWIS, W.H. 1980. *Polyploidy. Biological Relevance*. Plenum Press, N.Y. 583 pp.
- LORZ, A. 1937. Cytological investigation of five Chenopodiaceus genera with special emphasis on chromosome morphology and somatic doubling in Spinacia. *Cytologia* 8:241-276.
- LOVE, A. 1951. Taxonomical evaluation of polyploids. *Caryologia* 3 (3):263-284.
- MEARS, J.A. 1979. Chemistry of polyploids. A summary with comments on Parthenium (Asteraceae-Ambrosiinae). En Lewis, W.H. 1980. *Polyploidy*. Plenum Press. N.Y. 77-102 pp.
- MOORE, D.M. 1968. The karyotype in Taxonomy. En Heywood, V.H. *Modern methods in plant Taxonomy*. Botanical Society of the British Isles and the Linnean Society of London. Academic Press, London. 61-75 pp.
- \_\_\_\_\_. 1978. The chromosomes and plant Taxonomy. En: Street, H.E. *Essays in plant Taxonomy*. Academic Press, London. 39-56 pp.
- MULLIGAN, S.A. 1961. Chromosome numbers of Canadian weeds. III. *Can. J. Botany*. 39:1057-1066.
- NARANJO, C.A., L. POGGIO y P. BRANDHAM. 1983. A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position. *Genetica* 62:51-53.
- \_\_\_\_\_. 1986. A new template for direct morphological classification of chromosomes. *Darwiniana* 27 (1-4):39-41.

- ORNDUFF, R., 1970. Cyto geography of Nymphoides (Menyanthaceae). Taxon 19: 715-719.
- PALOMIND, G. y P. MERCADO. 1983. Cytological studies in the genus Oxyrhynchus (Leguminosae). Kew Chromosome Conference II. George Allen & Unwin. p. 538.
- \_\_\_\_\_, T.P. RAMANORTHY. 1984. Chromosomes of Salvia Subgenus Calosphaea (Lamiaceae), a preliminary report. Caryologia 31:381-386.
- PALOMIND, G., R. VIVEROS Y R. BYE. 1988. Cytology of five mexican species of Datura (Solanaceae). The Southwestern Naturalist 33(1):85-90.
- RANDOLPH, L.F. Y H.E. FISCHER. 1939. The occurrence of parthenogenetic diploids in tetraploid maize. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 25: 161-164.
- RHAGAVAN, R.S. Y C.M. ARORA. 1958. Chromosome numbers in Indian medicinal plants. II. Proc. Indian Acad. Sci. 352-358.
- RIEGER, R.A., A. MICHAELIS Y M. GREEN. 1976. Glossary of genetics and cytogenetics. Classical and molecular. 4a. edic. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. N.Y.
- SEEMAN, M.F. Y H.D. WILSON. 1984. The food potential of Chenopodium for the prehistoric Midwest. En P.J. Munson (ed). Experiments and observation of aboriginal plant utilization in Eastern North America. 299-316 pp.
- SHARMA, 1970. Anual Report. 1967-1968. Les Bull. Univ. Calcutta (Cytogenetics Lab.) 2: 1- 50.
- SIMMONDS, N.W. 1965. The grain chenopods of the tropical American highlands. Economic Botany. 19:223-235.
- \_\_\_\_\_, 1976. Quinoa and relatives Chenopodium spp. (Chenopodiaceae). en N.W. Simmonds (ed.), Evolution of Crop Plants, New York, Longman Group Limited. 389-452 pp.
- STACE, C.A. 1980. Plant taxonomy and biosystematics. University Park Press. Baltimore. 279 pp.
- STEBBINS, G.L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Eduard Arnold (Publishers) Ltd. London.
- TANAKA, R. Y A. TANAKA. 1980. Karyomorphological studies in halophytic plants. I. Some taxa of Chenopodium. Cytologia 45:257-269.
- U.N. 1935. Genome analysis in Brassica with special reference to the experimental formation of B. napus and peculiar mode of fertilization. Japanese Journal of Botany 7: 389-452.

- UOTILA, P. 1972. Chromosome counts on the Chenopodium album aggregate in Finland and NE. Sweden. Ann. Bot. Fennici. 9:29-32.
- \_\_\_\_\_. 1973. Chromosome counts on Chenopodium L. from SE Europe y SW Asia. Ann. Bot. Fennici. 10:337-340.
- VOVIDES, A.P. 1955. El papel de los estudios biosistemáticos en los recursos genéticos. En: Memorias del Seminario sobre la investigación genética básica en el conocimiento y evaluación de los recursos genéticos. Jardín Botánico. Instituto de Biología. U.N.A.M. 107-119.
- WESER, W.A. 1955. the genus Teloxys (Chenopodiaceae). Phytologia 3(7):477-478.
- WILSON, H.D. 1976. Genetic control and distribution of leucine aminopeptidase in the cultivated chenopods (Chenopodium) and related taxa. Genetics 14 (11-12):913-919.
- \_\_\_\_\_. 1980. Artificial hybridization among species of Chenopodium Sect. Chenopodium. Systematic Botany 5(3):253-263.
- \_\_\_\_\_. 1981a. Domesticated Chenopodium of the Clark Bluff Dwellers. Econ. Bot. 35(2):233-239.
- \_\_\_\_\_. 1981b. Genetic variation among South American populations of tetraploids Chenopodium Subsect. Cellulata. Systematic Botany 6(4):390-398.
- \_\_\_\_\_. 1983. Quinoa Significant past - Questionable future. The herbalist 47:114-120.
- \_\_\_\_\_, S.C. BARBER Y T. WALTERS. 1983. Loss of duplicate gene expression in tetraploid Chenopodium. Biochemical Systematics and Ecology 11(1):7-13.
- \_\_\_\_\_, Y. C.B. HEISER JR. 1979. The origin and evolutionary relationships of Huauzontle (Chenopodium nuttalliae Safford), domesticated chenopod of Mexico. Amer. j. Bot. 66(2):198-206.
- WITTE, M.B. 1947. A comparative cytological study of three species of the Chenopodiaceae. Bull. of the Torrey Botanical Club. 74(6):443-452.
- ZEVEN, A.C. 1972. Polyploidy and plant domestication. En Lewis. 1980. Polyploidy. Plenum Press. N.Y. 385-407.