

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA Y DE QUIMICA
LABORATORIOS DE ECOLOGIA VEGETAL Y DE
PRODUCTOS NATURALES.

EVIDENCIAS MORFOMETRICAS Y QUIMICAS DE LA HIBRIDACION
INTERESPECIFICA ENTRE *Espeletia batata* Cuatr Y
E. schultzii Wedd. FECUNDIDAD NATURAL Y GERMINACION.

Tesis de Grado presenta-
da ante la Ilustre Uni-
versidad de Los Andes
como requisito parcial
para obtener el Titulo
de Licenciado en
Biología .

MARIO JOSE MORENO ALVAREZ

1986



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
GRUPO ECOLOGIA VEGETAL
EDIFICIO A-NUCLEO LA MECHECERA
TELEFONOS 826244-827244 EXT. 384-814-EXT. 294
DIRECCIO 441875
5101 MERIDA - VENEZUELA

No. _____

INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, PARA CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DEL BACHILLER:

MARIO JOSE MORENO ALVAREZ

EN MERIDA, A LOS 20 DIAS DEL MES DE OCTUBRE DE MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y SEIS, SE REUNIERON LOS PROFESORES: MARIO FARIÑAS, CARLOS ESTRADA DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA, ASIGNADOS AL GRUPO DE ECOLOGIA VEGETAL Y EL PROF. JUAN HURTADO DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA, ASIGNADO AL GRUPO DE PRODUCTOS NATURALES, QUIENES FORMAN EL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD PARA REVISAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO QUE SOBRE EL TEMA: "EVIDENCIAS MORFOMETRICAS Y QUIMICAS DE LA HIBRIDACION INTERESPECIFICA ENTRE *Espeletia batata* cuat. Y *E. schultzei* Weed. FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION", PRESENTO EL Br. MARIO JOSE MORENO A. PARA OPTAR AL TITULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

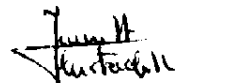
EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, ACTA SEGUIDA SE PROCEDIO A OIR LA EXPOSICION QUE SOBRE EL TEMA ARRIBA MENCIONADO HIZO EL Br. MARIO J. MORENO A. DESPUES DEL CORRESPONDIENTE INTERROGATORIO, EL JURADO PROCEDIO A DELIBERAR SOBRE LA CALIFICACION DEL TRABAJO SOMETIDO A SU CONSIDERACION.

FINALMENTE EL JURADO LO DECLARO APROBADO Y RECOMENDADO PARA SU PUBLICACION CON UNA CALIFICACION DE VEINTE (20) PUNTOS.

EN FE DE LO CUAL FIRMAN


PROF. MARIO FARIÑAS


PROF. CARLOS ESTRADA


PROF. JUAN HURTADO

Trabajo elaborado en los laboratorios de Productos Naturales y de Ecología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, bajo la dirección de los Profs. Juan Hurtado, Juan Silva, Mario Fariñas y Aura Azocar.

Este trabajo ha sido realizado en los laboratorios del Grupo de Ecología Vegetal y en los laboratorios del Grupo de Productos Naturales, con financiamiento parcial del Proyecto CONICIT-Postgrado Ecología Tropical y del Proyecto del CDCHT No. C-233-85.

CONTENIDO

	DEDICATORIA.	
	AGRADECIMIENTOS.	
	RESUMEN.	
I.-	INTRODUCCION.	1
II.-	MATERIALES Y METODOS.	6
	II.1.- AREA DE ESTUDIO.	7
	II.2.- CLIMA.	7
	II.3.- DESCRIPCION DE LOS TAXA.	10
	II.4.- CRITERIOS PARA MUESTREAR LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS.	15
	II.4.1.- SELECCION DE LAS ESPECIES.	15
	II.4.2.- ESCOGENCIA DE LOS INDIVIDUOS.	15
	II.5.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	16
	II.5.1.- ANALISIS MORFOMETRICO.	16
	II.5.2.- ANALISIS QUIMICO PRELIMINAR.	16
	II.5.3.- NIVELES DE FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION.	21
	II.6.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS.	22
	II.6.1.- CARACTERIZACION MORFOMETRICA.	22
	II.6.2.- CARACTERIZACION QUIMICA.	22
	II.6.3.- FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION.	23
III.-	RESULTADOS.	24
	III.1.- ANALISIS MORFOMETRICO.	25
	III.2.- ANALISIS FITOQUIMICO.	31
	III.3.- NIVELES DE FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION.	39

IV.-	DISCUSION.	42
	IV.1.- ANALISIS MORFOMETRICO.	43
	IV.2.- ANALISIS FITOQUIMICO PRELIMINAR.	45
	IV.3.- GERMINACION Y FERTILIDAD NATURAL.	48
V.-	CONCLUSIONES.	53
VI.-	BIBLIOGRAFIA.	61
VII.-	APENDICE.	62

A mi mamá

A mis hermanos

A Conchita

A mis amigos del presente

A la Botánica clásica fuente de
mi inconformidad espiritual

A mis compañeros del equipo de
Basket, que me permitieron compar
tir el Deporte con mis estudios.

A Yilda y Romell primeras sonri -
sas ...

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Juan Hurtado el haberme enseñado en breve tiempo las herramientas básicas que debe tener un estudiante de Biología en un Laboratorio de Productos Naturales, además de ser un Tutor que compartió a lo largo de este trabajo su amistad y compañerismo fundando un nuevo estilo de enseñanza sin mostrar en ningún momento su status. Por otro lado le agradezco el haber canalizado todas mis inquietudes en una tesis que para mí representaba un reto; siempre tendré en mente esta experiencia.

A Mario Fariñas, le agradezco su tiempo y su paciencia en la enseñanza de los análisis estadísticos; además de sus consejos y sugerencias en la redacción de la tesis y seminario de grado.

A Aura Azócar, le agradezco su dirección en el experimento de germinación, además de invertir su valioso tiempo en discusiones sobre el texto de la tesis y el caso *Espeletia* los cuales me permitieron entender mejor el problema desde el punto de vista más ecológico.

A Oscar Zabala, le agradezco su alta disposición en enseñarme computación y por efectuar el estupendo programa de Cálculo de Rf.

A mis compañeros y amigos: Juan Luis Concepción, Zurilma Narváez, Cecilia Sánchez, Jesús Molinari, Ilva Teresa Suárez y Eduardo Picón, - le estoy totalmente agradecido al compartir conmigo el Páramo-Frío y muchas discusiones sobre temas afines a la tesis.

Quiero agradecer a Carlos Estrada y Juan Silva mis profesores de evolución en haberme reclutado en el pensamiento evolucionista moderno, permitiéndome entender el caso *Espeletia*.

Al Dr. José Cuatrecasas del Smithsonian Institute, le agradezco - la diagnóstico del material botánico.

A Marierna López y al Dr. Juan Puig, les agradezco el haberme "obligado" a estudiar genética. También le agradezco el haber invertido su tiempo en discutir para el seminario de grado los controles genéticos de la expresión de flavonoides.

Quiero agradecer a Doris de Luengo sus sugerencias y críticas en el seminario de grado.

Al Sr. Publio Rivas, única persona en Productos Naturales que tiene el don mágico de la curiosidad científica, le agradezco su asistencia en el laboratorio, en todo momento cuando lo necesité.

Agradezco a Manuel Briceño, la elaboración artística del mapa, de igual manera mi agradecimiento a Alberto Morales por la paciencia en diseñar los gráficos y tablas aquí presentados.

A los siguientes compañeros le estoy muy agradecido por su espíritu solidario: Marisela Sosa, Eduardo Muñoz, Irma Rodríguez, Zulma Peña, Jonny Albornoz, Lucía Piñango, Rigo Márquez y Victor Giampaolo.

Quiero agradecer a Paula, Concheta, Ela y Jaime su importante apoyo espiritual para la culminación de este trabajo.

A Pascual Soriano le agradezco el haberme prestado su procesador de palabras.

RESUMEN

Observaciones preliminares efectuadas en una comunidad mixta de frailejones (plantas dominantes del Páramo Andino) evidencian la presencia de individuos con habito intermedio entre las especies : *Espeletia batata* Cuatr y *E. Schultzii* Wedd. Ambas especies presentan picos de floración solapados, comparten algunos polinizadores y en ciertos lugares del Páramo superponen su distribución espacial, todo esto aumenta las posibilidades de aparición de exocruces interespecíficos con la consiguiente formación de individuos "híbridos".

Para evidenciar el posible flujo genético entre estas dos especies hemos escogido un sitio de contacto ubicado en el Páramo de las Cruces o de Piedras Blancas ($8^{\circ} 54' 27''$ N y $70^{\circ} 51' 27''$ W) en la vía que conduce a la población de Piñango en el Edo. Mérida. El estudio consistió en tomar una muestra de 10 individuos híbridos y 10 individuos de cada especie parental, para un total de 30 ejemplares, todos pertenecientes a una misma clase de tamaño y en estado reproductivo. Se tomaron datos morfométricos del aparato reproductivo y muestras de capítulos para un análisis químico. El análisis químico consistió en realizar una marcha de separación de flavonoides y la fracción acuoso-metanólica resultante fué cromatografiada sobre celulosa en modo bidimensional, para luego establecer los Rf de los diferentes componentes presentes por medio de revelado a la luz ultravioleta (360 nm) y/o con vapores de amoníaco. Partiendo de estos resultados se construyó una matriz de presencia y ausencia

de flavonoides.

El análisis de los resultados con técnicas de componentes principales y de taxonomía numérica muestran que los híbridos estudiados son efectivamente intermedios en sus caracteres biométricos. El análisis fitoquímico preliminar muestra la presencia de los compuestos parentales en los híbridos, así como también la ocurrencia de nuevos compuestos (debido posiblemente a la desrepresión de vías biosintéticas). La alta afinidad química entre los híbridos y uno de los parentales evidencia: introgresión.

En relación a la fertilidad natural y germinación se observa un alto "vigor híbrido" en los individuos intermedios y valores relativamente bajos de fertilidad para todo el "complejo de especies".

A pesar de que los resultados aquí no son definitivos, estos sugieren la existencia de flujo genético entre las dos especies estudiadas.

I . - I N T R O D U C C I O N

La hibridación es el intercambio de genes entre poblaciones o especies distintas. Este intercambio está asociado con un aumento en la heterocigosidad de los individuos resultantes, debido a la formación de nuevas recombinaciones: "creación de nuevos genotipos" (Stebbins 1966, 1969; Mayr 1968), susceptibles de ser seleccionados favorablemente o no por el ambiente. Estas nuevas recombinaciones incrementan el tamaño del pool genético traduciéndose en algunos casos como: aumentos en la frecuencia de variantes morfológicas y/o morfos con grados de adaptabilidad diferenciales. Sin embargo en la naturaleza las especies han desarrollado, a lo largo de su "historia evolutiva" fuertes mecanismos de aislamiento reproductivo (Dobzhansky 1970; Dobzhansky et al. 1977), fenómeno éste que se ha interpretado como un mecanismo de optimización de la energía destinada a los eventos reproductivos, dado que generalmente los híbridos formados resultan infértiles.

Mayr 1968; Briggs y Walters 1969; Dobzhansky 1970 entre otros, sostienen, que en los ambientes perturbados y/o recientes los fenómenos de hibridación son muy comunes, resultando este hecho en una ventaja selectiva, puesto que al producirse una amplia gama de genotipos y de existir cambios ambientales la selección natural podrá "filtrar" individuos con mayor "fitness".

El caso de hibridación que pretendemos caracterizar en este trabajo tiene como escenario natural el ecosistema Páramo y las poblaciones involucradas son las especies del género *Espeletia* allí presentes.

El medio ambiente Páramo parece presentar las condiciones ambientales, que se postulan favorecen a eventos de hibridación natural; ya que se tienen evidencias de haber ocurrido grandes fluctuaciones ambientales durante el Pleistoceno (Villeumieur 1971; Schubert 1974,1979; Salgado-Labouriau 1976) lo que, evolutivamente, caracteriza esta formación como muy reciente.

Por otro lado estas fluctuaciones ambientales han debido ser factores decisivos en la interrupción de los procesos de especiación de su flora y de su fauna, de manera que es de esperar que *Espeletia*, plantas dominantes y endémicas de estos ambientes, no hayan podido establecer barreras definitivas de incompatibilidad genética en el tiempo-evolutivo, trayendo como consecuencia que en la actualidad sea un grupo en franca radiación adaptativa (Cuatrecasas 1976,1979).

El género *Espeletia* pertenece a la familia Compositae (Tribu Heliantheae); se encuentra distribuido en Venezuela en Los Andes y en la Cordillera de La Costa en el Edo. Miranda, en la Cordillera de Colombia y en la Provincia de Carchi, Ecuador (Smith y Koch 1933). Es un grupo endémico de la alta montaña tropical con una gran gama de adaptaciones ecológicas, morfológicas y fisiológicas que le han permitido colonizar el ambiente Páramo (Cuatrecasas 1968,1976,1979; Baruch 1979; Estrada 1979,1983; Monasterio 1983; Ortega 1982; Goldstein y Meinzer 1983; Rada et al. 1985; Goldstein et al. 1985; Guariguata 1985; Torres 1979; Fariñas y Monasterio 1980, entre otros, el cual presenta amplias restricciones ambientales.

Por otro lado se observa que muchas de estas especies superponen su distribución espacial, su floración, y cuando es el caso, comparten algunos de sus polinizadores. Además en este grupo de plantas es muy frecuente encontrar poblaciones con hábito intermedio con respecto a supuestas poblaciones parentales. En base a todo esto nos planteamos la hipótesis de que estas poblaciones intermedias sean híbridos.

En el presente trabajo nos concretaremos al caso particular de dos especies: *Espeletia batata* Cuatr y *E. Schultzii* Wedd. Estas especies superponen sus picos de floración en los meses de septiembre-octubre-noviembre y comparten algunos de sus polinizadores. *E. Schultzii* presenta una amplia distribución altitudinal que va desde los 2100 a los 4200 msnm; en cambio *E. batata* presenta una distribución más restringida, sin embargo ambas especies superponen su distribución espacial en diferentes lugares del Páramo y cuando esto ocurre es usual encontrar poblaciones de hábito intermedio.

Este trabajo se ha planteado buscar evidencias del flujo genético entre las dos especies mencionadas mediante:

1- La caracterización morfométrica de las poblaciones parentales y las híbridas.

2- La exploración preliminar de la ocurrencia de compuestos fenólicos y en especial flavonoides en las inflorescencias, para ser usados como marcadores del flujo genético.

3- La estimación preliminar de los grados de fertilidad natural y germinación tanto en poblaciones parentales como en los híbridos.

II. - MATERIALES Y METODOS

11.1.- AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra situada aproximadamente a 14 km del pico El Aguila en la vía que conduce al poblado de Piñango, en el Páramo de las Cruces (8° 54'27" N y 70° 51' 27" W), en la formación Sierra de la Culata a 4300 msnm Fig N° 1. La localidad muestreada está circunscrita en un perímetro de aproximadamente 400 m² y la comunidad vegetal que la conforma está integrada por los elementos típicos del Páramo Altiandino descritos en la literatura (Monasterio 1979,1980) Fig N° 2. El primer estrato está constituido por rosetales perennifolias del género *Espeletia*: *E. timotensis*, *E. spicata*, *E. semiglobulata* y *E. schultzii*. Un segundo estrato por elementos leñosos como *Hypericum laricifolium* y forma sésil caulirrosula como *E. batata*. Un tercer estrato se encuentra representado por plantas de cojín o elementos más pequeños como *Draba chionophylla*, *Montia meridensis*, *Arenaria sp.*, *Aciachne pulvinata*, *Azorrela jullianii* y *Cerastium cephalanthun* entre otros.

11.2.- CLIMA

Los datos climatológicos del punto más cercano a nuestro lugar de estudio son los registrados en la estación meteorológica del pico El Aguila situada a 8° 52' N y 70° 48' W a 4118 msnm. De los cuales existen registros desde el año 1958.

La localidad del Pico El Aguila presenta una precipitación media anual de 869 mm, distribuida en un patrón unimodal

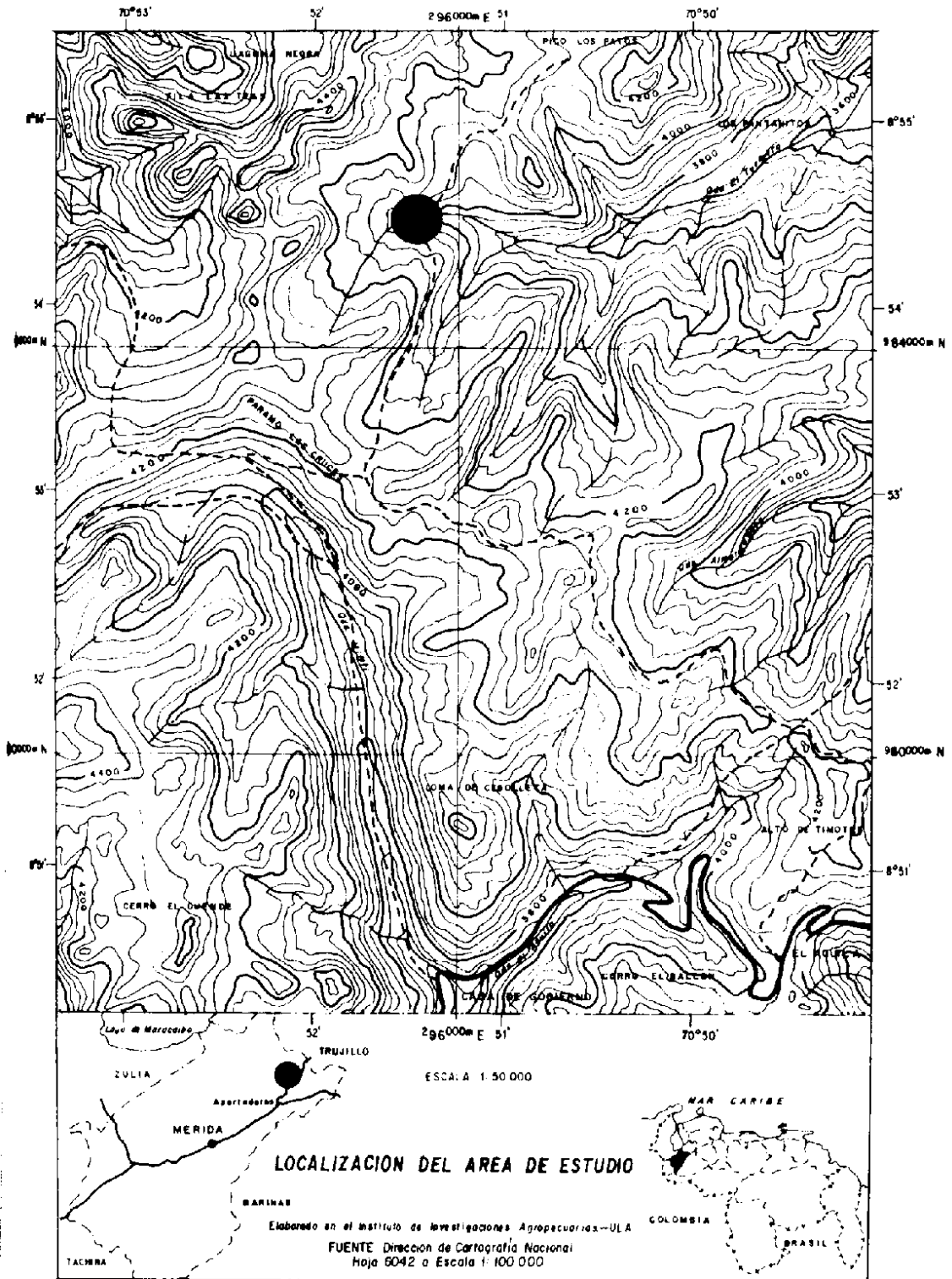


Figura N° 1

(Monasterio y Reyes 1980). Fig. Nº 3. La temperatura media anual es de 2.8°C, con una oscilación diaria más importante que la anual. En este ecosistema la estación húmeda y seca son muy contrastantes. La estación seca se prolonga desde Diciembre hasta Marzo con una precipitación de 76 mm, mientras que los meses húmedos van desde Mayo hasta Agosto y los meses restantes presentan condiciones intermedias.

Los niveles de radiación solar en los días despejados están en el orden de 16 a 17 Kcal/cm², sin embargo se encuentran diferencias estacionales: para un mes de estación húmeda oscila entre 10 y 13 kcal/cm² y para la estación seca los valores pueden oscilar entre 14 y 15 kcal/cm² (Monasterio 1983).

En la época seca los suelos están sometidos a fluctuaciones diarias de hielo-deshielo formando continuos eventos de soliflucción (Malagón 1983), este hecho es un factor muy importante en la distribución y cobertura de la vegetación.

11.3.- DESCRIPCION DE LOS TAXA

Las dos especies estudiadas *E. schultzii* y *E. batata* presentan hábito morfológico muy contrastante y fácil de separar en dos morfos. *E. batata* es una especie del tipo policárpica, sésil, caulirrosula y como característica más resaltante es un biotipo enano de aproximadamente 15 a 30 cm de altura y presenta un gran tronco subterráneo en forma de tubérculo parecido a una

PICO DEL AGUILA

08° 52' N

70° 48' W

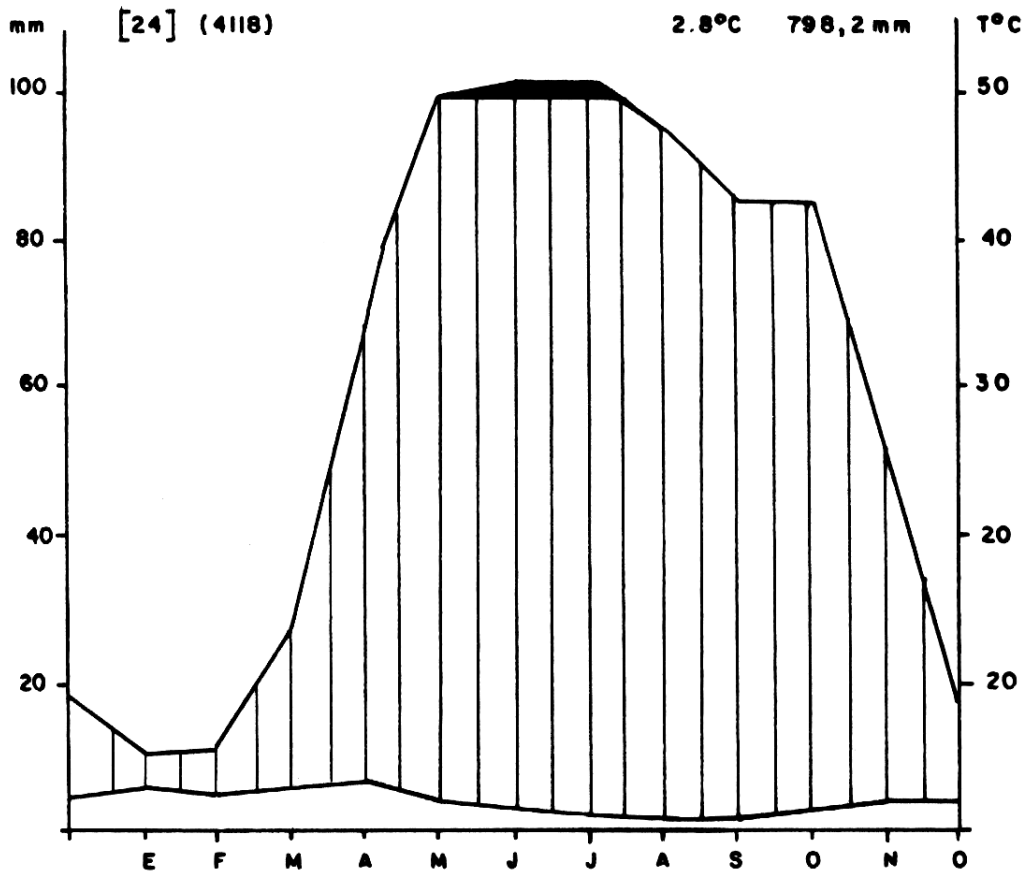


Figura nº 3 : Climadiagrama del pico El Aguila. Tomado de Monasterio. 1980.

batata (*Ipomoea sp.*) de donde se ha originado su nombre específico. Presenta una sola inflorescencia terminal por eje, de color amarillo muy llamativo; los ejes que en la mayoría de los casos no son más de diez, y se encuentran formando un ángulo entre 40 y 60°, Fig N° 4.

Espeletia schultzii es del tipo policarpic, caulirrosula pero de un mayor porte, llegando a alcanzar 1,30 m de altura. Presenta un sistema de inflorescencias llamado sinflorescencias axilares en un número superior de 30 por eje, los capítulos son de un color amarillo intenso. Posee un tallo subterráneo mucho más pequeño que el de *E. batata* Fig. N° 5.

Los híbridos naturales entre estos dos taxa presentan hábito morfológico intermedio: tres inflorescencias por eje, un porte de tamaño medio y un tronco subterráneo con características mixtas. Fig. N° 6 y 7.

De los tres morfos se procedió a herborizar ejemplares de referencia, los cuales se depositaron en el Herbario Internacional de la Facultad de Farmacia (MERF). Duplicados de éstos, fueron enviados al especialista del género Dr. José Cuatrecasas quien en su opinión concuerda con nosotros, que los individuos de hábito intermedio son híbridos naturales entre *E. schultzii* y *E. batata*.

II.4.- CRITERIOS PARA MUESTREAR LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS

II.4.1.-SELECCION DE LAS ESPECIES

Para homogeneizar el muestreo se trató de escoger a los individuos considerados como "puros", siguiendo la descripción original de las especies (Smith y Koch 1935 y Cuatrecasas 1976,1978, 1980). En cambio los individuos híbridos se muestrearon siguiendo el criterio morfológico de la presencia de 3 inflorescencias por eje y que presentaran un mayor parecido a *E. batata* para de esta manera homogeneizar en lo posible la muestra.

II.4.2.- ESCOGENCIA DE LOS INDIVIDUOS

Se procuró que cada morfo presentara las siguientes características:

- a) que todos pertenecieran a una misma clase de tamaño.
- b) que presentaran estado de ántesis.
- c) en cuanto a las muestras para estimar fertilidad natural y germinación, se mantuvo el criterio a),y se colectaron inflorescencias fertilizadas antes de la dispersión de los aquenios.

11.5.-PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

11.5.1.- ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Usando los criterios antes señalados tanto para las "especies" como para los individuos, se procedió al muestreo de 10 individuos de cada especie parental y 10 individuos híbridos, para un total de 30.

El análisis morfométrico consistió en mediciones cuantitativas del aparato reproductivo.

- 1) Número de ejes
- 2) Largo de los ejes.
- 3) Diámetro de los ejes.
- 4) Número de inflorescencias por eje.
- 5) Diámetro de las inflorescencias.
- 6) Diámetro de las hojas del escapo
- 7) Largo de las hojas del escapo.

11.5.2.- ANÁLISIS QUÍMICO PRELIMINAR

De cada individuo analizado morfométricamente se colectaron muestras de inflorescencias en ántesis, para explorar preliminarmente la ocurrencia de metabolitos fenólicos y en especial flavonoides. El uso de estos compuestos en estudios de hibridación se ha popularizado en los últimos años, debido a que se ha demostrado que son marcadores químicos muy confiables, ya que presentan las características óptimas descritas por Harbone (1967) como marcadores taxonómicos:

- 1) Alta variabilidad estructural.
 - 2) Amplia distribución en el reino vegetal.
 - 3) Gran estabilidad química.
 - 4) Son fáciles de extraer y caracterizar.
- Para más detalles ver Moreno-Alvarez (1986) .

Por otro lado el estudio de los flavonoides en *Espeletia* presentaba un interés químico particular dado que hasta la fecha no se habían reportado la ocurrencia de este tipo de pigmentos en el género. (Hurtado, J. En redacción).

Las inflorescencias traídas separadamente al laboratorio se colocaron a temperatura ambiente durante una semana hasta completar su sequedad parcial. Cada muestra fue molida en una licuadora convencional en alta revolución y llevadas a un peso standard de 3.0 ± 0.1 g. El triturado así obtenido fue colocado en balones de 200 ml, a los cuales se les agregó un volumen de 100 ml de MeOH al 85 % y se dejó en reposo durante 4 días.

El extracto metanólico obtenido, de un color amarillo intenso, fue filtrado al vacío para luego efectuar una marcha de separación de flavonoides basada en los principios de solubilidad diferencial en solventes orgánicos según Mabry et al (1970) y standarizadas por Moreno-Alvarez y Hurtado (1983). Fig N° 8.

La fracción acuoso-metanólica fue concentrada hasta un volumen de 6 ml y aplicado (6) sobre una placa de celulosa (Merck DC-alufolien cellulose 20x20, 0.10 mm) y eluidas en forma bidimensional (Terbutanol:Ac. acético:agua, 3:3:1 y Ac. acético al 15 %). El tiempo de elución fue de 6 y 2 horas respectivamente.

Los cromatogramas eluidos fueron secados a temperatura ambiente y revelados con una lámpara de luz ultravioleta a 360 nm y con vapores de amoníaco para de esta manera determinar los valores de Rf. correspondientes. Los Rf. fueron manejados por un

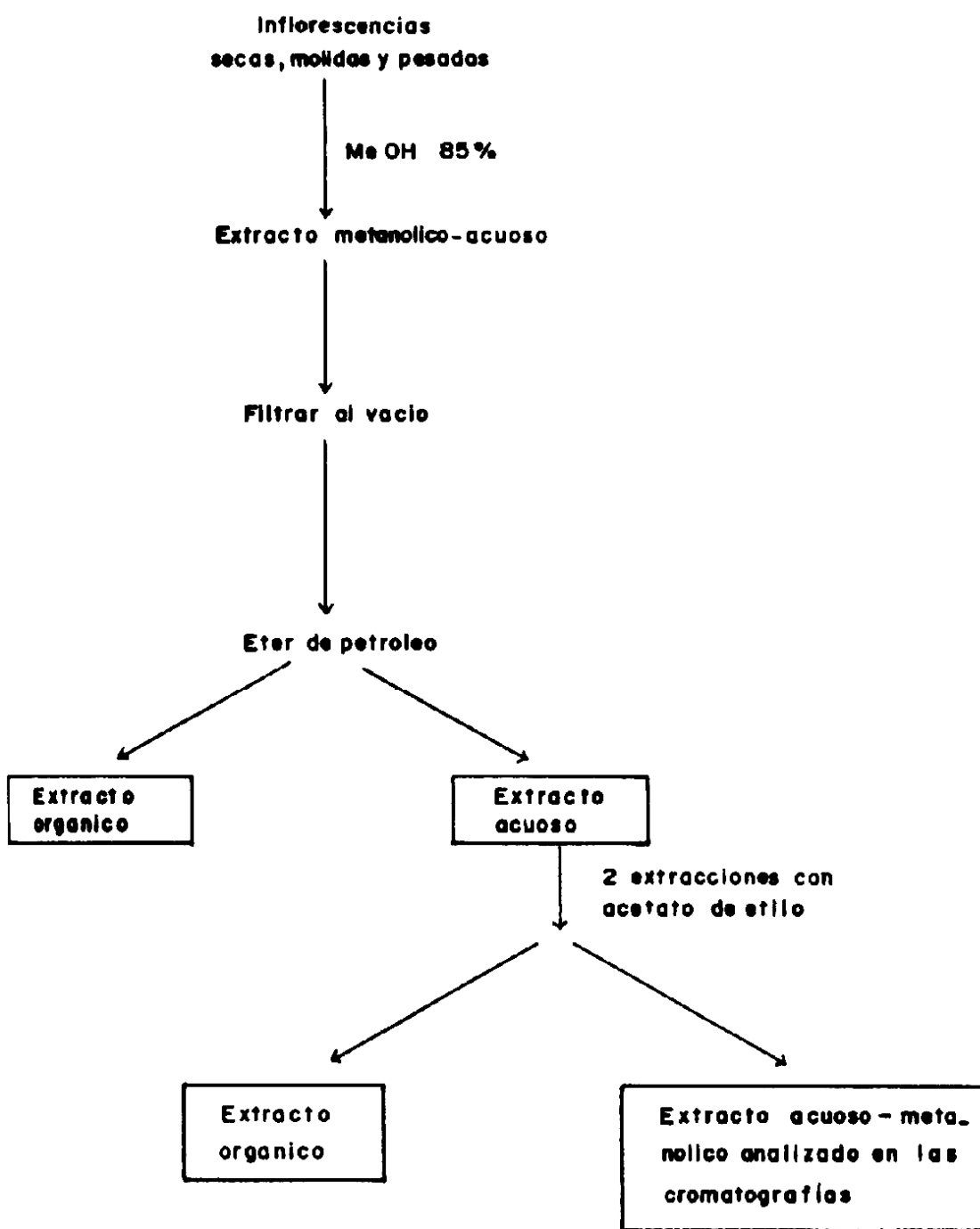
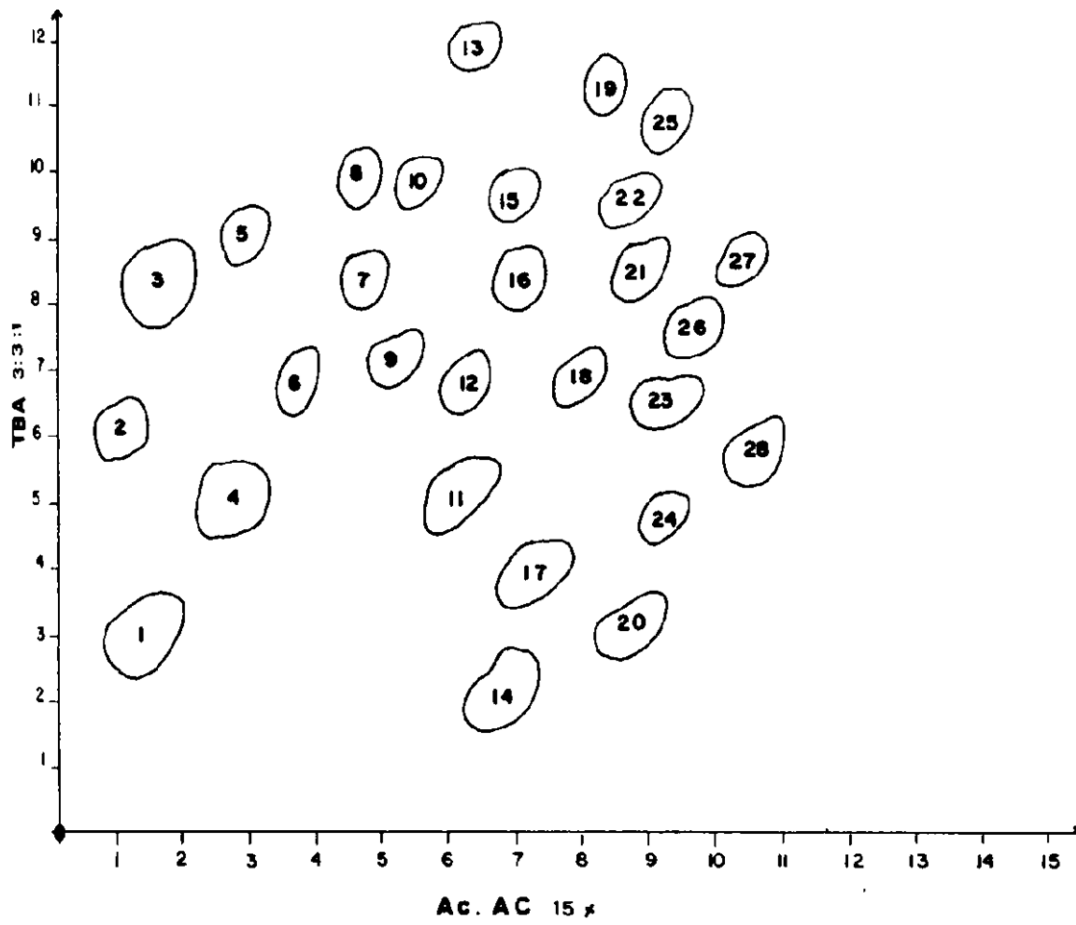


Figura n^o Marcha de separación de Flavonoides según Mabry et al. (1970)

programa de computación que permitió gráfica y cuantitativamente establecer en un espacio de dos dimensiones intervalos de confianza para los diferentes grupos de Rf. cercanos. Cada una de estas áreas fue numerada y los intervalos de Rf. correspondientes fueron considerados como correspondientes a un compuesto químico diferente. Fig. N° 9. En algunos casos los valores de Rf. resultaban poco discriminantes, por lo cual era necesario recurrir al auxilio de la placa original y/o a un código de color, establecido previamente en base a la respuesta al revelado con luz ultravioleta y los vapores de amoníaco (Mabry et al. 1970), y de esta manera poder asignar con mayor seguridad la presencia o no de determinados compuestos. Con este procedimiento se obtuvo una matriz de presencia y ausencia de compuestos químicos para ser analizada posteriormente.

Figura nº : 9

Posición relativa de los compuestos químicos en una
cromatografía bidimensional en celulosa



II.5.3.- NIVELES DE FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION.

Para determinar los niveles de fertilidad natural y germinación en el laboratorio se muestrearon 4 individuos de cada especie y cuatro individuos híbridos para un total de 12. Cada individuo le fueron colectados 10 cabezuelas que presentaran signos de fecundidad avanzada (producción de aquenios). Posteriormente se determinó el número de aquenios formado por capítulos y de estos se escogieron al azar un 25 % para efectuar el experimento de germinación. A este fin, fueron colocados los aquenios separadamente en cajas de Petri durante un mes, y regadas cada dos días. Como criterio de germinación positiva se utilizó el descrito por Moreno (1984):

1.- Las radículas deben presentar tamaños superiores a dos milímetros.

2.-Las plántulas no deben presentar signos necróticos.

A los aquenios que no germinaron, se les aplicó el test de viabilidad de Cloruro de tetrazolium al 0.1 M y se les incubó en la estufa durante 48 horas. Se consideró positiva la prueba a los embriones que presentaban una coloración rojo-rosada y fueron considerados como semillas latentes; en contraposición los embriones que presentaban coloración parcial o muy clara se les denominó no viables. Por otro lado se pudo cuantificar el número de aquenios sin embrión, lo cual permitió calcular los valores de fertilidad natural.

11.6.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS.

11.6.1.- CARACTERIZACION MORFOMETRICA.

Con los resultados biométricos se procedió a calcular los siguientes promedios con sus respectivos intervalos de confianza:

- a) Largo promedio de los ejes.
- b) Ancho promedio de los ejes.
- c) Número de inflorescencias por eje.
- d) Diámetro promedio de las inflorescencias.
- e) Ancho promedio de las hojas del escapo.
- f) Largo promedio de las hojas del escapo.

Con estos promedios y con el atributo número de ejes se efectuaron dos análisis:

- 1.- Componentes principales con algoritmo del tipo R, que permite ordenar los individuos a partir de una matriz de correlación de los atributos. (Orloci 1978).
- 2.- Dendrogramas, se usó el método de unión simple obtenidos a partir de una matriz de similitud (Apéndice Tabla N^o I), usando para ello el índice cuantitativo de Sørensen. (Sneath y Sokal 1973).

11.6.2.- CARACTERIZACION QUIMICA.

A partir de la matriz de presencia y ausencia de compuestos químicos se efectuaron dos análisis:

- 1.- Componentes principales, de igual manera que en el caso de los datos morfométricos.

11.6.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS.

11.6.1.- CARACTERIZACION MORFOMETRICA.

Con los resultados biométricos se procedió a calcular los siguientes promedios con sus respectivos intervalos de confianza:

- a) Largo promedio de los ejes.
- b) Ancho promedio de los ejes.
- c) Número de inflorescencias por eje.
- d) Diámetro promedio de las inflorescencias.
- e) Ancho promedio de las hojas del escapo.
- f) Largo promedio de las hojas del escapo.

Con estos promedios y con el atributo número de ejes se efectuaron dos análisis:

- 1.- Componentes principales con algoritmo del tipo R, que permite ordenar los individuos a partir de una matriz de correlación de los atributos. (Orloci 1978).
- 2.- Dendrogramas, se usó el método de unión simple obtenidos a partir de una matriz de similitud (Apéndice Tabla N^o I), usando para ello el índice cuantitativo de Sørensen. (Sneath y Sokal 1973).

11.6.2.- CARACTERIZACION QUIMICA.

A partir de la matriz de presencia y ausencia de compuestos químicos se efectuaron dos análisis:

- 1.- Componentes principales, de igual manera que en el caso de los datos morfométricos.

En el primer capítulo se describe

III. - RESULTADOS

En el capítulo IV se describen

III.1.- ANALISIS MORFOMETRICO

Los resultados del análisis morfométrico de las especies parentales y los híbridos, se presentan en las tablas III, IV y V del Anexo; la tabla 1 muestra los valores promedios puntuales por "especies". A estos valores promedios se les aplicó el test no paramétrico de concordancia de Kendall (Siegel, 1956) demostrando el alto valor de intermediaridad de los híbridos en relación a las especies parentales (Tabla VI. Anexo). Con los resultados por especies se efectuó el análisis de los componentes principales: ordenamiento de las especies para los dos primeros ejes (Fig N° 10). En el primer eje que absorbe el 59.18 % de varianza, se puede observar una clara separación de las dos especies parentales y la posición intermedia de los individuos híbridos. Sin embargo, estos tienden a agruparse más estrechamente a *E. batata*, resultado que no es nada sorprendente puesto que estos fueron muestreados siguiendo el criterio de que presentaran mayor parecido vegetativo a la mencionada especie. La excepción al comportamiento observado fué registrado en el híbrido N° 1, cuya semejanza fué mayor con *E. schultzei*. Como resultado de este ordenamiento se observa una banda donde las especies parentales ocupan los extremos.

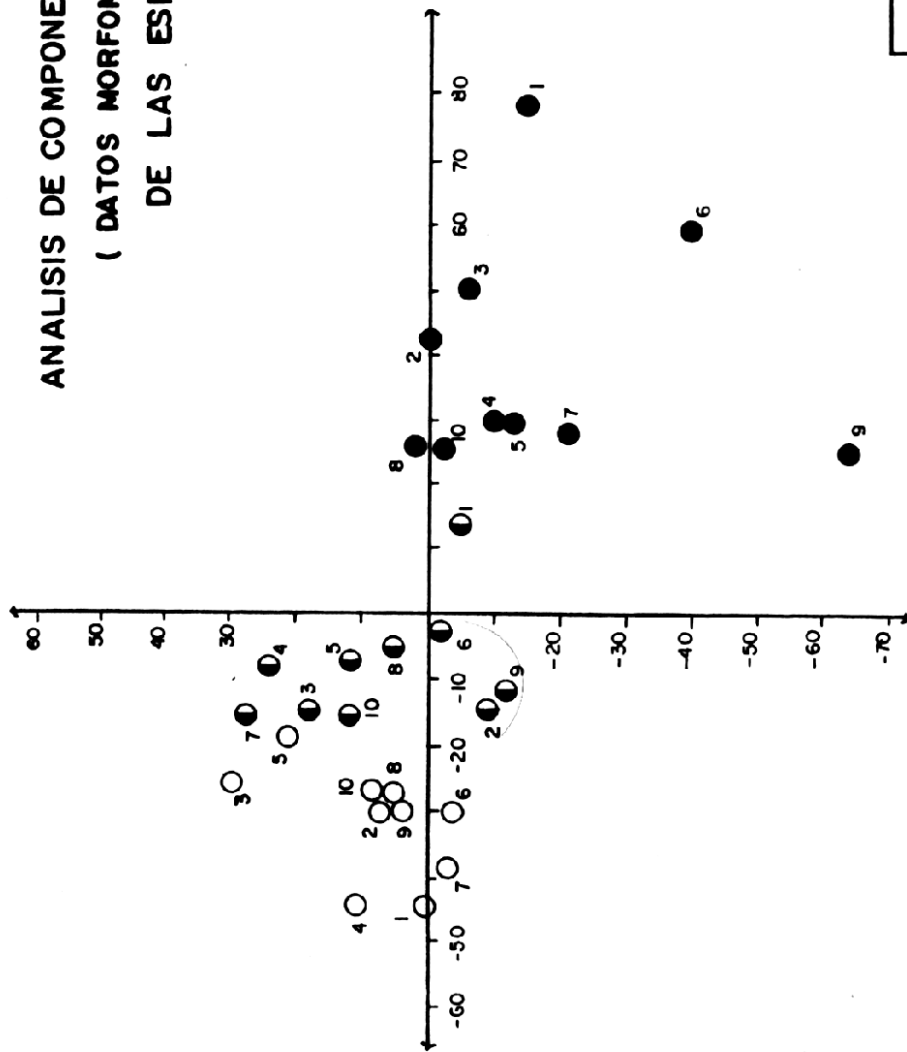
Por el contrario, el segundo eje, que absorbe el 14.17 % de la varianza, no permite separar ningún taxa. En la figura N° 11 se observa que los atributos que presentan mayor correlación con los ejes y por lo tanto contribuyen a la separación de los taxa son: en el primer eje, los atributos 3 (diámetro promedio de los ejes), 4 (número de capítulos por ejes), 7 (largo promedio de las

Promedios de los datos morfométricos
de las tres poblaciones (" especies ")

"Especies"	Nº promedio de ejes	Largo promedio de los ejes	Ancho promedio de los ejes	Nº de inflorescencias promedio por eje	Diametro promedio de los ejes	Ancho promedio de las hojas del escapo	Largo promedio de las hojas del escapo
E. batata	7.80	25.29	0.24	1	1.65	0.35	1.65
Hibridos	10.40	36.60	0.43	4.12	1.74	0.58	3.23
E. schultzei	4.90	40.68	1.28	23.37	1.87	1.15	6.03

Tabla nº: 1 Se representa los valores promedios para cada "especies" obtenidos de una muestra de 10 individuos.

**ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
(DATOS MORFOMETRICOS)
DE LAS ESPECIES**

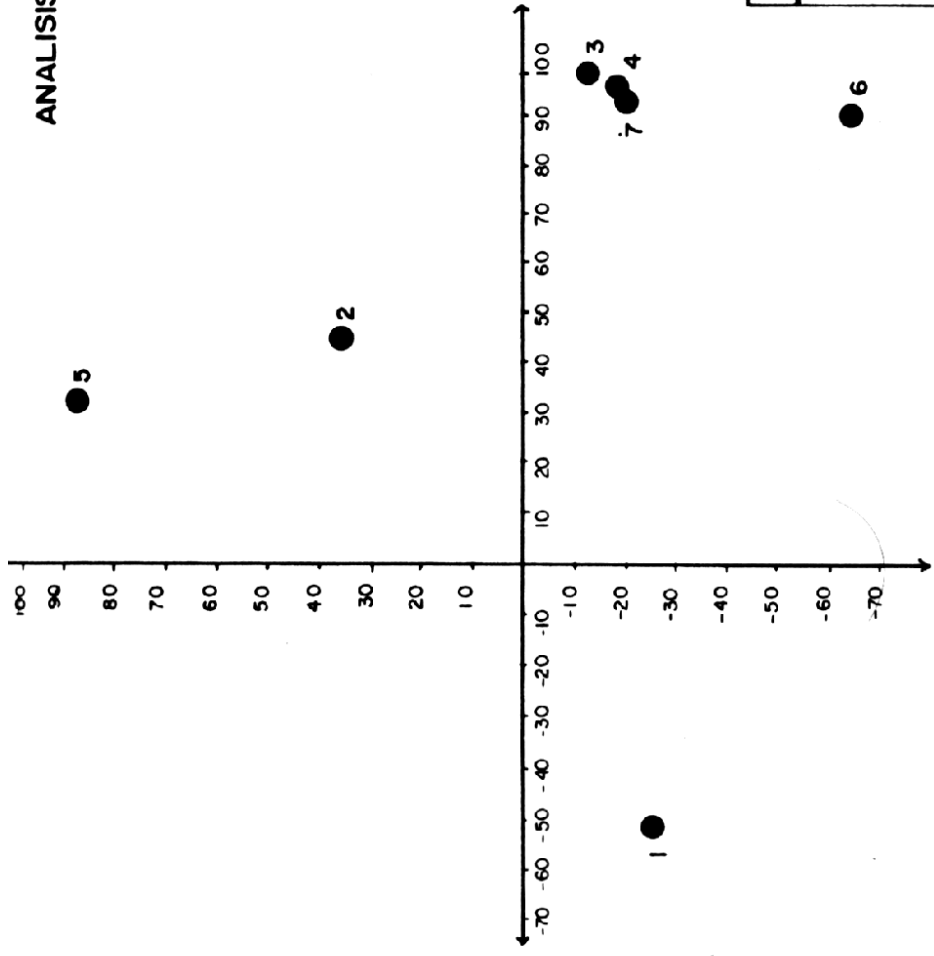


LEYENDA	
○	E. batata
◐	HIBRIDOS
●	E. schultzei

Ordenamiento de las especies usando datos morfométricos, se observa una banda diagonal con los individuos de E. Batata izquierda superior, los de E. Schultzei, ocupando el extremo derecho y los híbridos en posición intermedia.

Figura nº10

**ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
(DATOS MORFOMETRICOS)
DE LOS ATRIBUTOS**



LEYENDA	
1	Número de ejes
2	Largo \bar{X} de los ejes
3	Diámetro \bar{X} de los ejes
4	Número de capítulos por ejes
5	Diámetro \bar{X} de los capítulos
6	Ancho \bar{X} de las hojas del escapo
7	Largo \bar{X} de las hojas del escapo

Figura n.º: 11 Posición de los 7 atributos morfométricos en los componentes I y II del análisis de los componentes principales en base a los coeficientes de correlación.

hojas del escapo) y 6 (ancho promedio de las hojas del escapo) y el atributo 1 (número de ejes) muestra cierta tendencia a oponerse a éstos. Para el eje 2, el atributo 6 antagoniza con el atributo 5 (diámetro promedio de los capítulos).

En la figura Nº 12 se muestra el dendrograma obtenido a partir de la matriz de similitud de los datos morfométricos, se puede observar dos grupos de agregación contrastante; el primero está constituido por todos los individuos de *E. schultzei*, el segundo grupo está formado por los híbridos y por los individuos de *E. batata*. Con respecto al primer grupo, se observan dos núcleos de agregación: el primero incluye a los individuos 2, 4, 3, 1, 6, 8, 9 y 7, el segundo núcleo está formado por el encadenamiento de los individuos 5 y 10. El segundo grupo se separa en dos subgrupos el primero de los cuales está constituido por los híbridos 1 y 3 y los individuos 4, 8, 1, 9, 2 y 10 de *E. batata*, junto con el encadenamiento de los individuos 3, 7 y 5 de esta especie. El segundo subgrupo está conformado por los individuos 5, 6, 8, 7, 4, 9 y 10 de los híbridos además del individuo 6 de *E. batata*, a todos los cuales se encadena el híbrido 2.

DENODOGRAMA DE LOS DATOS MORFOMETRICOS

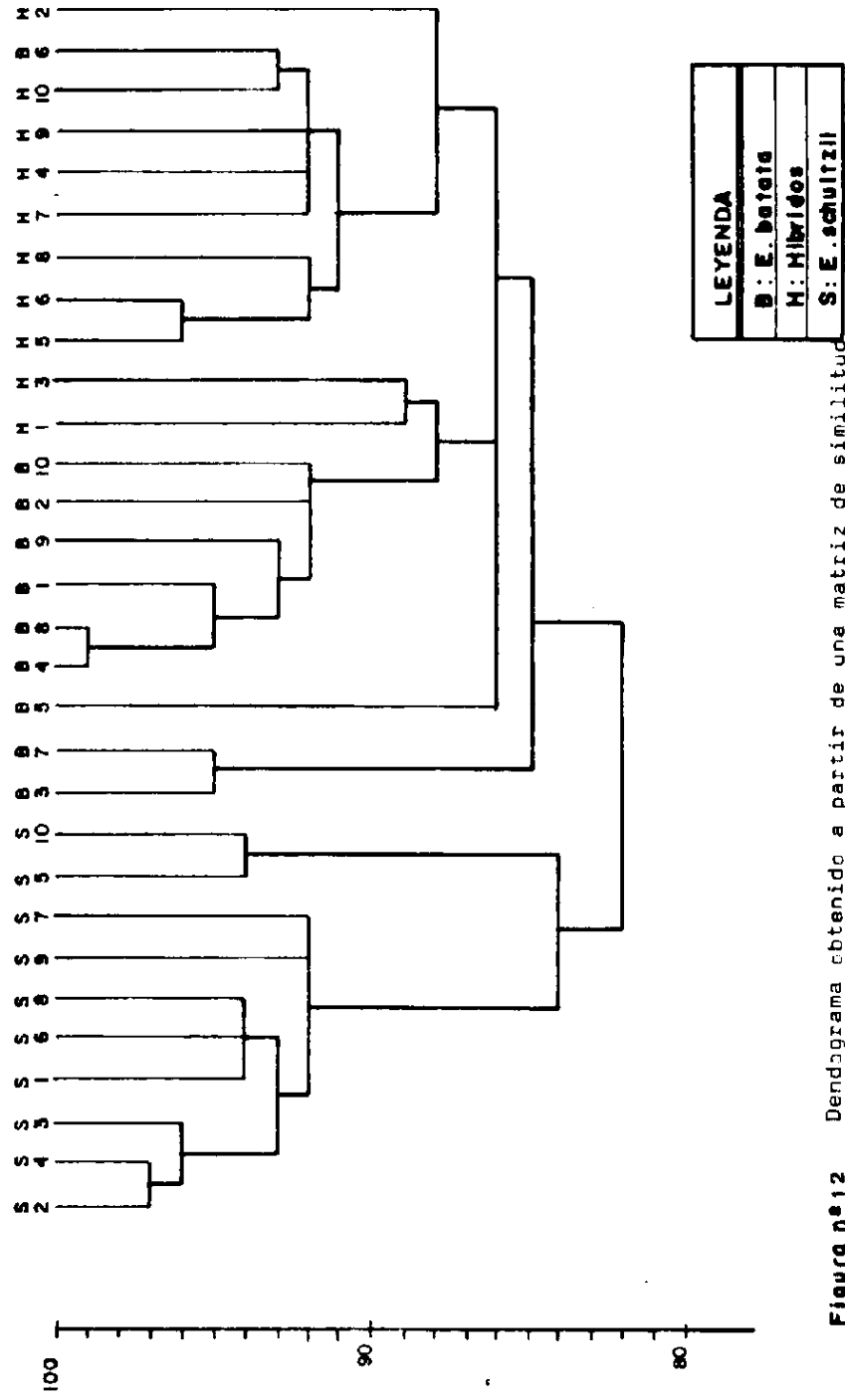


Figura n° 12 Dendograma obtenido a partir de una matriz de similitud de los datos morfométricos.

111.2.-ANALISIS FITOQUIMICO

El análisis fitoquímico preliminar de flavonoides y de compuestos fenólicos se sintetiza en la matriz de presencia y ausencia de compuestos (Tabla Nº 2). Los números del 1 al 28 representan a los diferentes componentes químicos, detectados en base a sus Rfs. Los individuos analizados están codificados por "especies" y enumerados del 1 al 10. Las siglas N.T.C. señalan el número total de compuestos presentes por individuo.

En esta matriz se puede apreciar la existencia de semejanzas y diferencias contrastantes a nivel interespecífico como son:

- i) la presencia del compuesto 1 está restringida a la población de híbridos.
- ii) el compuesto 2 sólo está presente en las poblaciones parentales.
- iii) la presencia de una mayor cantidad de compuestos totales en la población de híbridos.

Estos eventos se pueden ejemplificar superponiendo cromatogramas de dos individuos parentales y de un híbrido como lo muestra la figura Nº 13. Para efectuar este ejemplo, se tomaron al azar el individuo número 3 de *E. batata*, el 2 de *E. schultzei* y el individuo híbrido número 4. Los rasgos sobresalientes son:

- a) presencia de los compuestos parentales 3, 5 y 4 en el híbrido.
- b) en los híbridos se manifiesta la ocurrencia de nuevos compuestos (1, 10, 14, 15, 19 y 22) ausentes en las poblaciones parentales.

MATRIZ DE PRESENCIA DE COMPUESTOS QUIMICOS. COMUNIDAD N° 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	NTC	
BI-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						+			+									9	
BI-2		+	+	+	+	+											+					+				+				6
BI-3	+	+	+	+	+						+																			5
BI-4		+	+	+	+	+	+				+												+							9
BI-5		+	+	+	+	+		+																						8
BI-6		+	+	+	+	+					+																			6
BI-7		+	+	+	+	+																								6
BI-8		+	+	+	+	+																								6
BI-9		+	+	+	+	+	+																							8
BI-10	+	+	+	+	+	+	+	+																						11
MI-1		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-2		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-3		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-4	+	+	+	+	+	+	+	+																						14
MI-5	+	+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-6		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-7		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-8		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-9		+	+	+	+	+	+	+																						13
MI-10	+	+	+	+	+	+	+	+																						14
SI-1		+	+	+	+	+	+	+																						12
SI-2		+	+	+	+	+	+	+																						12
SI-3		+	+	+	+	+	+	+																						12
SI-4		+	+	+	+	+	+	+																						11
SI-5		+	+	+	+	+	+	+																						11
SI-6		+	+	+	+	+	+	+																						12
SI-7		+	+	+	+	+	+	+																						11
SI-8		+	+	+	+	+	+	+																						12
SI-9		+	+	+	+	+	+	+																						12

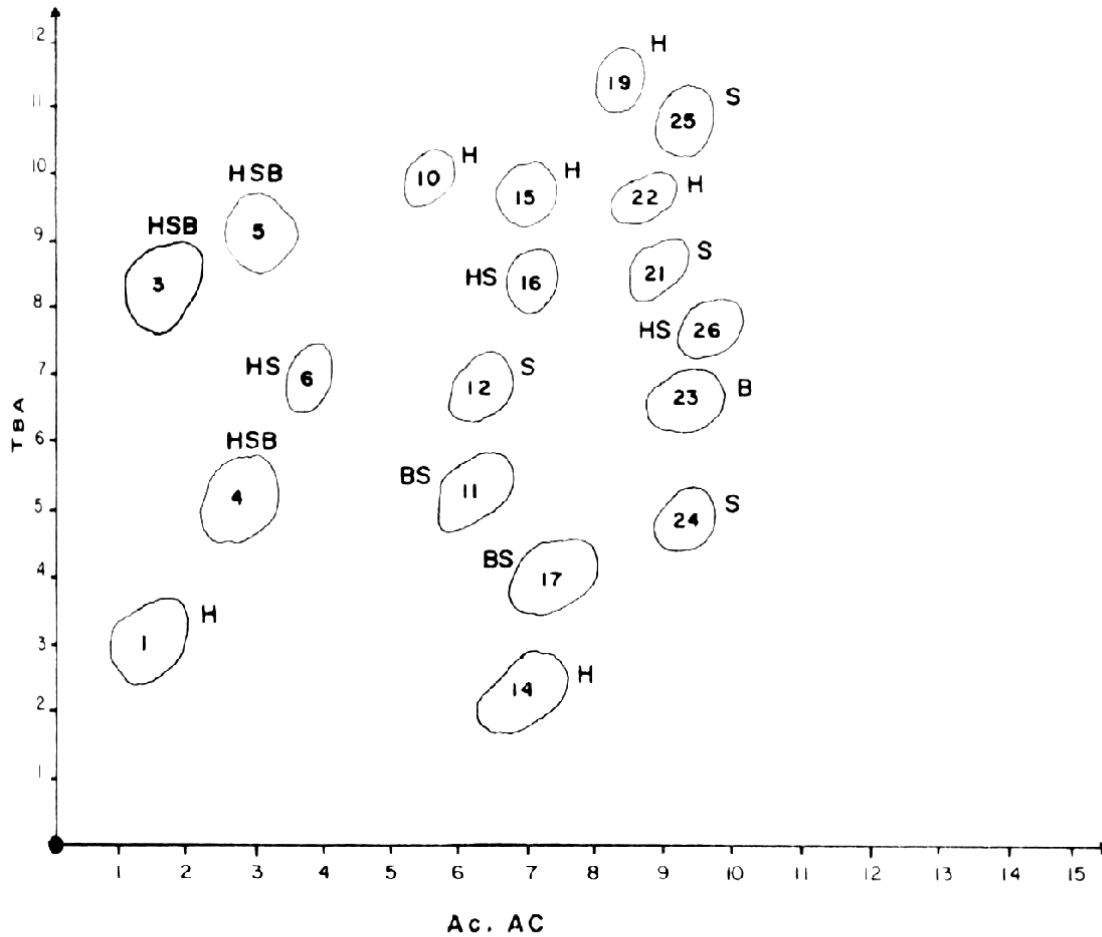
ESPACIOS

LEYENDA

B: E. BATATA M: HIBRIDOS S: E. SCHULTZII N.T.C.: NUMERO TOTAL DE COMPUESTOS Tablo n° 2

Figura n° 13

En la figura se encuentran representadas, la superposición de tres cromatogramas de dos individuos parentales y un híbrido (BI-3, SI-2, y HI-4) de la comunidad. (observandose la presencia de compuestos comunes y/o no comunes.)



LEYENDA

- 1.- El número en el círculo indica cual es el compuesto presente.
- 2.- El símbolo al lado indica en cual individuo se encuentra presente el compuesto. B: E. botata
H: Híbrido
S: E. schultzei

c) presencia de compuestos comunes (3, 4, 5, 11 y 17) en ambos parentales.

d) presencia de compuestos particulares en cada especie parental (12, 21, 24 y 25 para *E. schultzei* y 23 para *E. batata*).

En relación al ordenamiento de las "especies" representado en la Figura Nº 14, se observa el análisis de componentes principales para dos primeros ejes que absorben el 16.49 % y el 12.53 % de la varianza respectivamente (ambos suman el 29.02 % de la varianza acumulada). El primer eje, no permite una buena separación de los taxa en base a la ocurrencia o ausencia de flavonoides. Sin embargo, el segundo eje separa efectivamente casi todos los individuos de *E. batata* con el resto de los individuos analizados. Esta separación de la población de *E. batata* se debe a la correlación negativa que presenta el compuesto 20 que es de tendencia casi monoespecífica. En la Fig. Nº 15, se observa a este respecto, que los atributos químicos que presentan mayor correlación con los ejes y por ende tienden a aportar significativamente a la separación son: en el primer eje los compuestos 2 y 17 con correlación positiva y los compuestos 10 y 8 con correlación negativa. Para el segundo eje, el compuesto 20 con correlación negativa que, como ya dijimos permite separar a *E. batata* y los compuestos 2 y 16 con correlación positiva. Los compuestos 23, 28, 26, 13 y 11 en ambos ejes no aportan significativamente a la separación.

En la Figura Nº 16 se representa el dendrograma obtenido a partir de la matriz de similitud para los datos químicos. Se observa la presencia de dos bloques principales: uno constituido

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
 (DATOS QUIMICOS)
 DE LAS ESPECIES

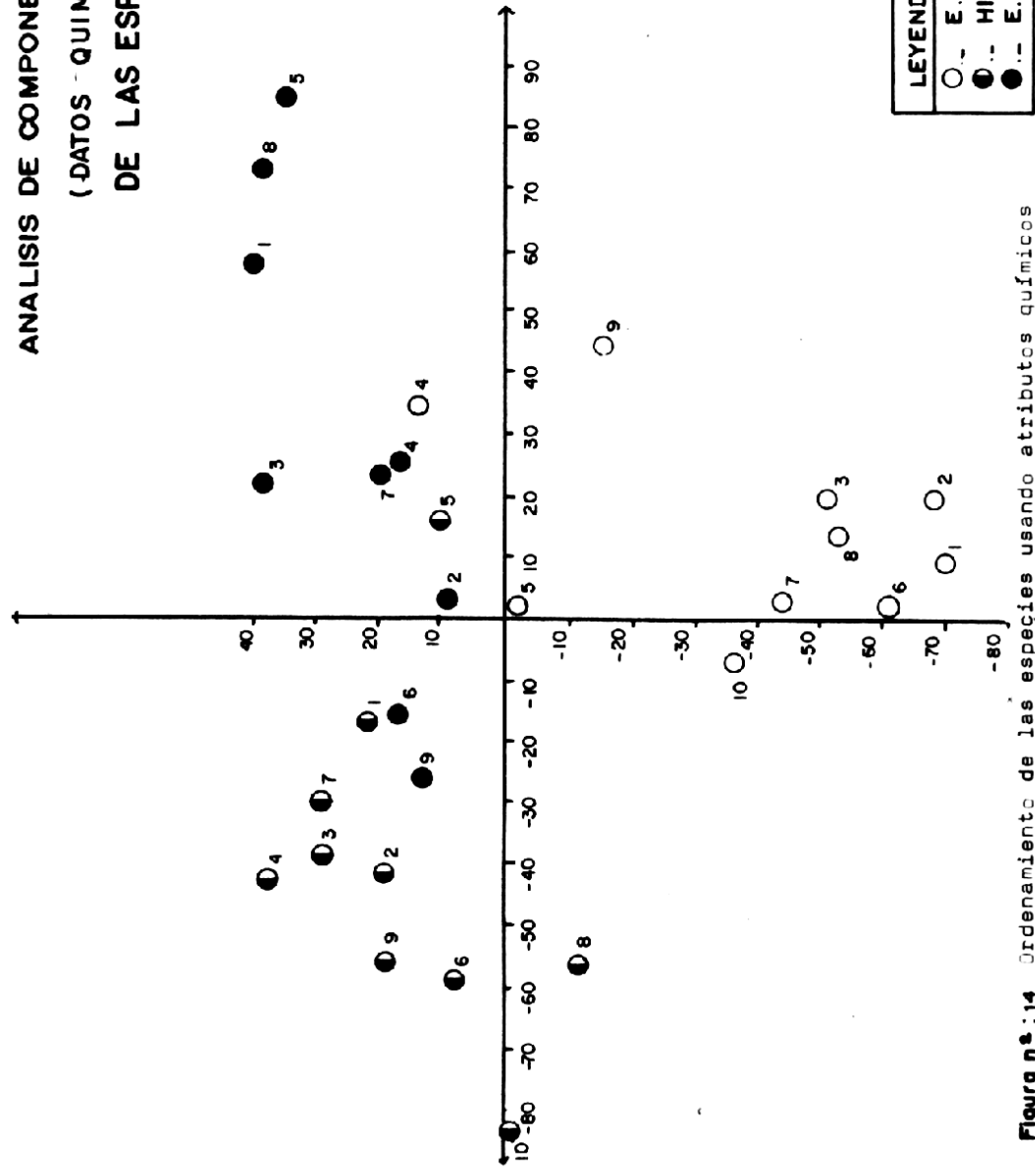
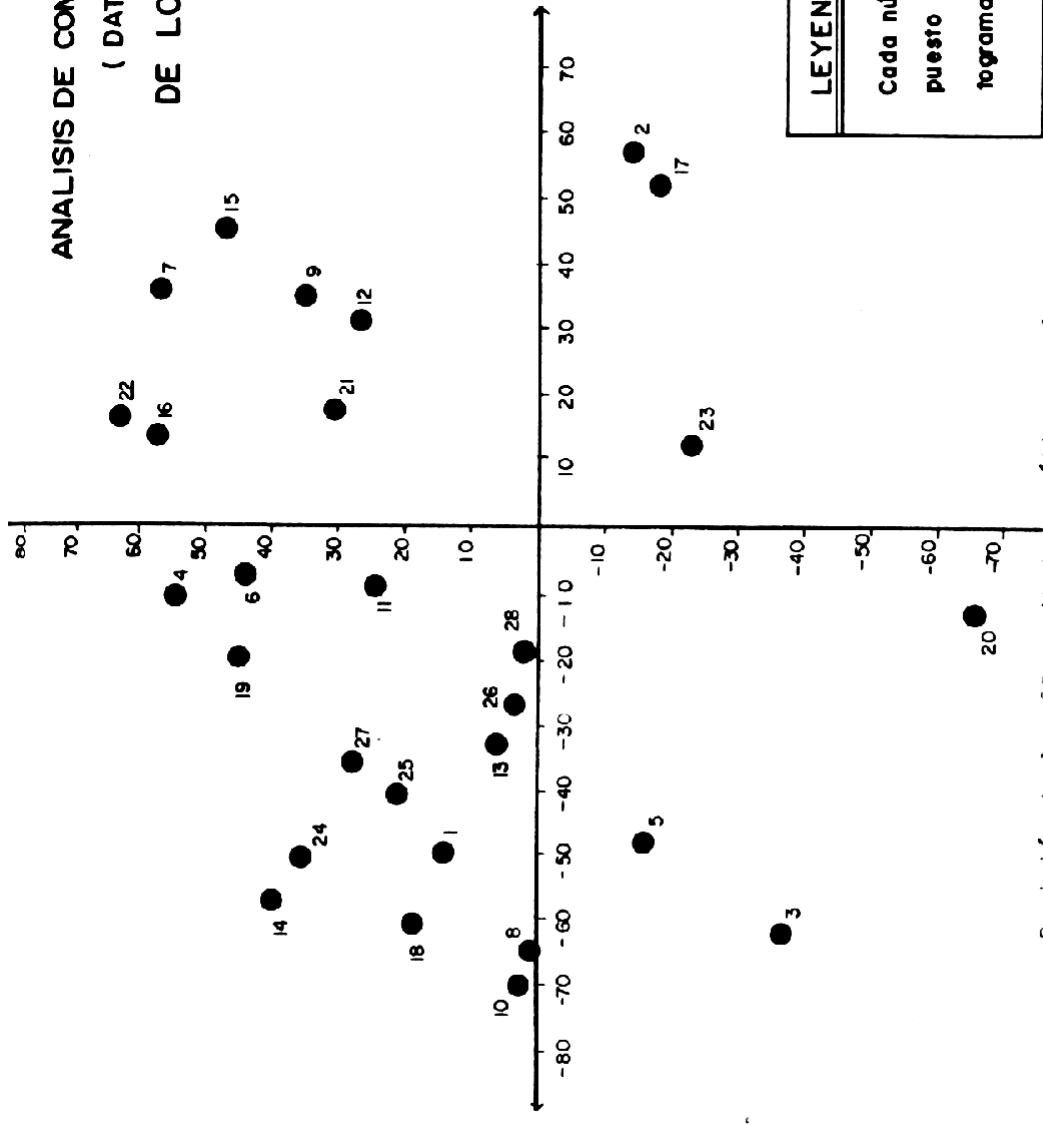


Figura n.º :14 Ordenamiento de las especies usando atributos químicos (flavonoides).

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
(DATOS QUIMICOS)
DE LOS ATRIBUTOS



LEYENDA

Cada número representa un compuesto diferente en los cromatogramas.

Figura n.º 15 Posición de los 28 atributos químicos en los campos I y II del análisis de los componentes principales en base a los coeficientes de correlación.

DENDROGRAMA DE LOS DATOS QUIMICOS

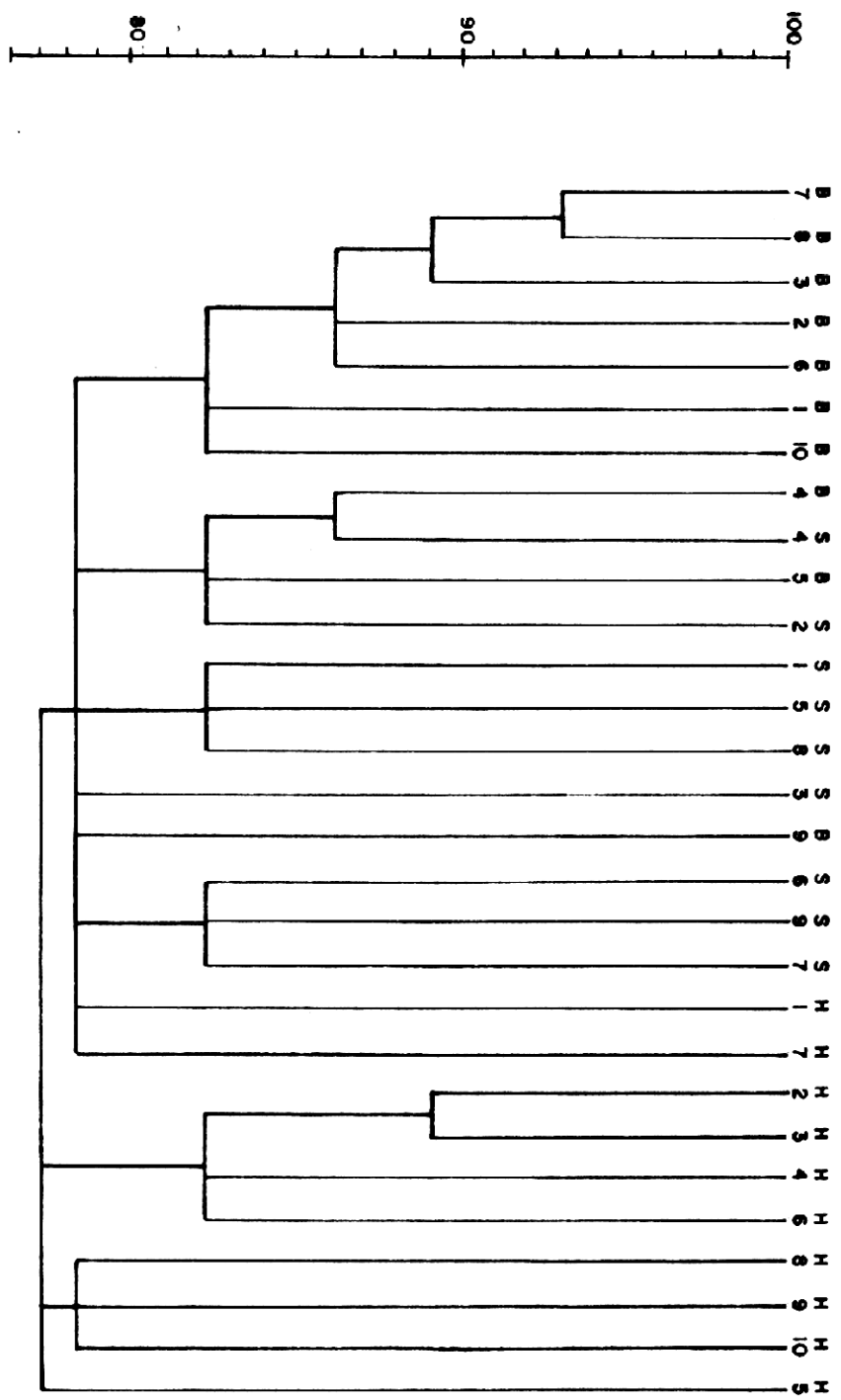


Figura n.º 16 Dendrograma obtenido a partir de una matriz de similitud de los datos quimicos.

LEYENDA
B: E. batata
H: Híbridos
S: E. schultzei

por los individuos híbridos 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 y 5; y el otro núcleo de agregación formado por el resto de los individuos analizados químicamente.

En relación al primer bloque mencionado, los individuos híbridos 2, 3, 4, 8, 9 y 10 tienden a presentar un rasgo de similitud bastante marcado, solamente el individuo 5 tiende a unirse a través de un encadenamiento al resto de la comunidad. El segundo bloque, a su vez, está constituido por cuatro subnúcleos de agregación:

El primero constituido por los individuos 7, 8, 3, 2, 6, 1 y 10 de *E. batata*; el segundo por los individuos 5 y 4 de *E. batata* y 2 y 4 de *E. schultzei*; el tercero, formado por los individuos 5, 1 y 8 de *E. schultzei*; y el cuarto grupo formado por los individuos 7, 9 y 6 de *E. schultzei*, sin contar con el encadenamiento de los individuos híbridos 1 y 7, y 9 y 3 de *E. batata* y *E. schultzei*, respectivamente.

III.3.- NIVELES DE FERTILIDAD NATURAL Y GERMINACION

Los resultados del experimento de fertilidad natural y germinación se encuentran resumidos en la tabla N^o 3. Los atributos cuantificados: fertilidad (óvulos fecundados), germinación, semillas viables, semillas latentes y semillas no viables, se obtuvieron como rangos de proporción de individuos de diez capítulos, obtenidos de una muestra de cuatro ejemplares por "especie". Estos atributos a su vez, están tabulados como el valor inferior y superior de la proporción con un rango de variación asociado.

La tendencia generalizada en las tres poblaciones analizadas evidencia un gran parecido en su biología reproductiva; sin embargo existen algunas diferencias importantes:

i) *E. batata* presenta una mayor proporción de fertilidad natural, oscilando sus valores entre 0.31 y 0.70, en comparación con los presentados por los híbridos (0- 0.3042) y por *E. schultzii* (0.079-0.3756).

ii) En relación a la producción de semillas viables, *E. batata* presenta una mayor proporción, oscilando sus valores entre 0.1429 y 1.0000, en comparación con los híbridos (0-0.7154) y para *E. schultzii* (0.1100-0.6269).

iii) La producción de semillas en estado latente por parte de *E. batata*, muestra igualmente valores superiores de proporción que oscilan entre 0.1429 y 1.0000, en comparación con *E. schultzii* (0.1100-0.6269) y los híbridos (0.0000-0.7154).

Rangos de proporciones por individuos de 10 capítulos.

		Atributos en proporciones					
		Fertilidad	Germinación	Semillas viables	Latencia	Semillas no viables	
Especies	Vs	0.7011	0.9836	1	1	0.80	
	Rv	0.40	0.1169	0.8571	0.80	0.80	
	Vi	0.3011	0.8667	0.1429	0.20	0	
M. Batata	Vs	0.3042	0.9231	0.7154	0.7931	1	
	Rv	0.3042	0.9231	0.7154	0.7931	0.2069	
	Vi	0	0	0	0	0.7981	
M. Schultzei	Vs	0.3756	1	0.6269	0.5882	1	
	Rv	0.2960	0.40	0.5169	0.5882	0.562	
	Vi	0.079	0.60	0.11	0	0.4118	

LEYENDA
Vs: Valor superior
Rv: Rango de variación
Vi: Valor inferior

Tabla n° 3 Rangos de proporción de individuos de 10 capítulos para los atributos: Fertilidad, Germinación, Semillas viables, Semillas Latentes y Semillas no viables.

En relación al resto de los atributos, son menos contrastantes que para los descritos anteriormente:

iv) Para la proporción de semillas no viables *E. batata* presenta valores que oscilan entre 0.0000-0.8000, *E. Schultzii* 0.7981-1.000 y para los híbridos 0.4118-1.000.

v) En cuanto a las semillas viables *E. batata* presenta valores que oscilan entre 0.1429-1, *E. schultzii* 0.11-0.6269 y para los híbridos 0.0000-0.7164 .

W. G. M. J. VAN DER WOUDE ET AL.

IV. — DISCUSSION

The results of the present study are in agreement with those of other authors (1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100).

Antes de pasar a discutir los resultados, es necesario precisar el contexto ecológico donde suponemos que ocurre el flujo de genes entre las dos especies objeto de este estudio. *E. schultzi* presenta una amplia distribución en el ecosistema Páramo, la cual ha favorecido un proceso de especiación geográfica entre poblaciones distantes, dando origen a la formación de tres "sub-especies" descritas por Cuatrecasas (1980) con el consiguiente aislamiento reproductivo (comunicación personal, Claudia Sobrevilla). Por el contrario, *E. batata* habita en lugares restringidos aparentemente "perturbados" caracterizados por: escasa cobertura vegetal, presencia de caminos y riachuelos y/o fondos de valles; posiblemente se trata de un morfo con mayores restricciones ecológicas que *E. schultzi*. Pareciera indicar que los sitios de "contacto" o sobreposición espacial entre estas dos especies están limitados por el "nicho ecológico" de *E. batata*.

Una evidencia importante que apoya la hipótesis del flujo genético entre estas dos especies, es la existencia en muchos lugares del Páramo de poblaciones monoespecíficas de *E. schultzi*; por el contrario, *E. batata* nunca se encuentra en igual situación, lo cual nos hace suponer, que los individuos de hábito intermedio que se encuentran en los sitios de contacto se están originando por intercambio genético entre estas dos especies de hábito contrastante.

Una posibilidad que parece poco probable que es los híbridos sean una tercera especie. Creemos que es poco probable, ya que la población de los híbridos, no ha alcanzado aislamiento

genético intraespecífico por el contrario existen evidencias experimentales de que existe un franco proceso de introgresión de los híbridos hacia *E. schultzei* (Paul Berry. Comunicación personal). Sin embargo en una escala de tiempo evolutivo mayor, pudieran alcanzar aislamiento genético, ya que presentan dos condiciones necesarias para iniciar un proceso de especiación:

- a.- presentan rasgos de diferenciación bioquímica por lo menos en lo concerniente a la biosíntesis de flavonoides.
- b.- presentan un alto vigor híbrido.

Ahora que hemos precisado mejor el escenario natural donde creemos que ocurre el flujo genético interespecífico, pasaremos a discutir la hipótesis mencionada.

IV.1.- ANALISIS MORFOMETRICO

Del ordenamiento de las "especies" se evidencia que efectivamente los individuos considerados como híbridos, a pesar de mostrar mayor parecido a *E. batata*, presentan hábitos intermedios con respecto a las supuestas poblaciones parentales. Ahora bien, con respecto a estas últimas es evidente que se trata de dos morfos contrastantes en relación a los atributos morfométricos cuantificados, rasgos que han permitido su separación en dos especies tipológicas.

En vista de que los atributos escogidos permitieron la nítida separación en tres morfos con alto grado de afinidad poblacional o coespecífica, se puede inferir, en base a los análisis realizados, que las muestras son representativas de los taxa considerados.

Con respecto al dendrograma obtenido se observa la misma tendencia de agregación coespecífica observada a través del ordenamiento de las "especies":

1) tendencia a una alta similaridad intraespecífica en cada población.

2) morfométricamente, los individuos híbridos muestran un mayor parecido a *E. batata*, resultado que era de esperar puesto que el criterio utilizado en la recolección de estos fue el de presentar una mayor semejanza a dicha especie parental.

Ambos análisis sugieren que los individuos considerados como híbridos heredaron caracteres morfométricos intermedios debido posiblemente a la conjugación de los dos genomas parentales. Hemos visto que los caracteres fenotípicos cuantificados de ambas poblaciones parentales son altamente contrastantes, a pesar de esto suponemos que entre ellas debe existir una alta afinidad genética que permita el flujo de genes a nivel interespecífico.

IV.2.- ANALISIS FITOQUIMICO PRELIMINAR

Los resultados obtenidos a partir del análisis fitoquímico preliminar, muestran las siguientes tendencias generales:

1) En relación a la población de híbridos:

a) se observa la ocurrencia de nuevos compuestos, ausentes en las poblaciones parentales, como es el caso del compuesto 1. Tal ocurrencia es muy común en los casos descritos en la literatura (Grawford, 1959; Smith y Levin, 1963; Seeligman y Alston, 1967; Taylor y Campbell, 1970, 1972; Hsiao y Li, 1973;

Sink y Natarella, 1974, entre otros). Levy y Levin, 1971, 1974; y Murray y Williams, 1973, donde se interpreta la aparición de nuevos compuestos en híbridos como el producto de la acumulación de diversos sustratos intermedios en la biosíntesis de flavonoides originados por la acción catalítica de isomerasas, las cuales han sido sintetizadas, ya sea directamente, gracias a las nuevas recombinaciones o recombinantes híbridos, o indirectamente, como subproductos genéticos en la constitución de individuos poliploides.

b) Otro evento importante que sucede entre los individuos híbridos es la ocurrencia de compuestos fenólicos y en especial flavonoides de origen parental, heredados posiblemente a través de conjugación de los dos genomas involucrados (por supuesto obviando la introgresión). Este hecho se puede interpretar como simple heredabilidad de caracteres químicos los cuales están regulados por distintos tipos de genes: mendelianos o simples, hipostáticos y epistáticos (Alston, 1966; Harborne, Levy y Levin, 1974).

c) Por otra parte, es muy significativo el hecho de que el compuesto parental 2 no se detecte en la población híbrida, creemos que este resultado puede ser interpretado como:

i) que tal compuesto sólo esté presente como trazas debido a que se transformó en otro compuesto intermedio.

ii) que dicho compuesto no se exprese dado que los genes que codifican para el mismo no interactúen por falta de una total homología en los dos genomas parentales, los cuales se fusionaron para constituir el genoma híbrido.

2) Otra tendencia observada tanto en las poblaciones parentales como en las híbridas es la alta frecuencia de variación intraespecífica en los patrones cromatográficos (ningún individuo es químicamente idéntico uno a otro). Este resultado se puede interpretar como el producto de eventos reproductivos sexuales-exogámicos, los cuales involucran altos grados de heterocigosis; partiendo de la premisa primaria de que la variación en la presencia y ausencia de los patrones cromatográficos está determinada por diferencias genéticas. Esto concuerda con el hecho ya determinado que ambas especies son autoincompatibles y por tanto de exocruza obligada.

3) Con respecto al ordenamiento de las especies parentales tenemos que:

a) La mezcla de algunos individuos puros de *E. schultzei* con la población de híbridos a causa de su alta semejanza química parece indicar un proceso incipiente de introgresión.

b) Por otro lado, la clara separación de la mayoría de los individuos híbridos insinúa un proceso de diferenciación bioquímica producto de la adquisición de nuevos metabolitos secundarios.

c) La presencia del individuo 4 de *E. batata* con el resto de la población de *E. schultzei* parece indicar distancias genéticas más cortas, o bien la existencia de un gradiente genético interespecífico.

El ordenamiento de los individuos usando los compuestos químicos como atributos, indican que existen algunos compuestos tales como el 23, 28, 26, 13 y 11 que no aportan

significativamente a la separación, esto puede deberse a:

a) Que son compuestos que se presentan indistintamente en las poblaciones de híbridos y en las parentales lo cual señala una baja tendencia específica definida sugiriendo un alto grado de afinidad genética en el complejo de especies.

b) Por otro lado existen compuestos específicos para un morfo particular, tal es el caso del compuesto 13 que está restringido al individuo 6 de *E. batata*, resultando este hecho poco discriminativo para la separación total de las especies.

En relación al dendrograma obtenido en base a los atributos químicos se evidencia que:

a) Los híbridos tienden a diferenciarse químicamente con respecto a las poblaciones parentales, debido a la presencia de nuevos metabolitos.

b) Algunos híbridos, presentan un alto parecido con las poblaciones parentales como es el caso de los individuos 1, 7 y 5 (Fig. 16), evidenciándose signos de introgresión o de una gran heredabilidad de los compuestos parentales.

c) En comparación con los híbridos, entre los individuos parentales existe una mayor similitud química, debido posiblemente a un menor grado de heterocigosis.

IV.3.- GERMINACION Y FERTILIDAD NATURAL

Antes de empezar a discutir los resultados obtenidos en el experimento de germinación y fertilidad natural, es necesario tener en cuenta tres limitaciones de orden experimental:

i) Al expresar los atributos, como proporciones de individuos de 10 capítulos estamos obviando que *E. schultzei* y

los híbridos producen, en este mismo orden, más capítulos que *E. batata*.

ii) El tamaño de la muestra es muy reducido (cuatro individuos por "especie" y diez capítulos por individuo).

iii) La alta heterogeneidad de los atributos cuantificados.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones y considerando que estos resultados son preliminares, podemos inferir algunos razonamientos primarios.

En relación a los valores obtenidos de fertilidad natural (número de óvulos fecundados sobre el número total de aquenios), el comportamiento presentado por *E. batata* evidencia valores mayores en comparación a los obtenidos para los híbridos y para *E. schultzei*. Cúales pueden ser las causas de esta diferencia?. Si tomamos en cuenta que los polinizadores están restringidos en el ambiente páramo y que *E. batata* produce menos capítulos por individuo, podemos suponer que la visita por capítulo resulte más eficiente, trayendo como consecuencia una mayor fertilidad natural. Cabe acotar que las tres poblaciones evidencian signos de fecundidad natural relativamente bajas lo cual puede estar condicionado por los "filtros" en su biología reproductiva:

i) Tanto las especies parentales como las híbridas, presentan polinización zoofílica: preferencialmente insectos dípteros y hemípteros con baja densidad poblacional, en contraposición con una altísima disponibilidad de capítulos para ser polinizados.

ii) Estas "especies" presentan fuertes mecanismos de autoincompatibilidad gamética (Paul Berry, comunicación

personal), esto significa que para que ocurra fertilización, deben producirse obligatoriamente los exocruces (transporte de polen de un individuo a otro).

iii) Otro factor seguramente importante, debe ser el clima, ya que los procesos de antesis coinciden con la época de mayor humedad y es precisamente en este momento donde se ve disminuida la actividad de los polinizadores.

Seguramente estos factores, baja densidad de polinizadores, fertilización cruzada, y desincronización entre la antesis y la actividad de polinizadores deben ejercer influencias muy decisivas en los valores de fertilidad sub-óptimo de estas poblaciones. Al respecto, en otras especies de *Espeletia*, como *E. timotensis* y *E. spicata*, Guariguata (1985) y Estrada (1979), señalan valores de fecundidad sub-óptimos: 25% y 60% respectivamente, lo cual parece indicar que muchas de las especies que coexisten en el altiandino venezolano, estén sometidas a restricciones reproductivas similares.

La población de híbridos presentan altos valores de germinación y producción de semillas viables lo cual sugiere que por lo menos a este nivel, estos individuos no exhiben mecanismos de aislamiento reproductivo post-zigótico. Este supuesto, toma fuerza al comparar los resultados de semillas no viables, ya que de exhibir estos mecanismos de aislamiento, la producción de semillas no funcionales o con deficiencias debería ser mayor.

Los valores obtenidos de latencia tanto para las especies parentales como para los híbridos, son muy altos debido probablemente a que las semillas fueron cosechadas antes de su

dispersión, no estando expuestas a procesos post-madurativos o de vernalización en el suelo. Sin embargo, estudios efectuados en otras especies de *Espeletia*, indican que este evento resulta común y se ha interpretado como un estado de letargo obligado al que están sometidas las semillas constituyéndose de esta manera en un : "banco de semillas persistente", con capacidad de germinar diferencialmente en el tiempo dependiendo de exigencias fisiológicas específicas (Guariguata y Azocar 1986), trayendo como consecuencia una mayor probabilidad de implantación de las plantulas y esto a su vez repercutiría en un mayor potencial de genes en la población.

Si tomamos en cuenta que los mecanismos precigóticos parecen no estar presentes, que las poblaciones parentales e híbridas superponen su floración, comparten polinizadores y que las entidades genéticas involucradas aportan diferencialmente genes en este orden:

E. schultzii mayor que los híbridos y mayor que *E. batata*

(suponemos que es así ya que la producción de cabezuelas por individuo mantiene este mismo orden) estos hechos conducen a preguntarse: Este caso particular de hibridación puede resultar una ventaja selectiva en este ambiente ?. La respuesta no es muy clara y nada fácil, a este respecto, es muy conocido el hecho de que la hibridación trae como consecuencia inmediata un aumento en el acervo genético de la población: originando nuevos recombinantes o genotipos que pueden presentar grados de adaptabilidad diferencial, permitiendo a la selección natural el filtrado de individuos de mayor fitness.

En el conjunto de *Espeletia*, el evento con mayor grado de selectividad parece ser la implantación de plántulas, debido a que los fenómenos de solifluxión y heladas disminuyen la probabilidad de supervivencia (Azocar 1986), posiblemente este intercambio interspecífico bien pudiera estar contribuyendo de una manera sustancial en la fabricación de genotipos, con altos grados de adaptabilidad traduciéndose en individuos con mayor probabilidad de supervivencia. Para comprobar esta hipótesis será necesario el estudio de mortalidad de plántulas en las tres poblaciones.

V. - CONCLUSIONES

1- Los resultados obtenidos en este estudio constatan que las dos especies parentales presentan hábito morfométrico contrastante y una alta afinidad intraespecífica, lo cual evidencia la coherencia genética de cada taxon.

2- Los híbridos estudiados presentan hábito morfométrico intermedio con respecto a las poblaciones parentales.

3- El análisis químico de los híbridos comparado con el correspondiente de los parentales muestra dos diferencias fundamentales: un mayor número de componentes químicos por individuo y la ocurrencia de nuevos compuestos. Lo cual sugiere desrepresión de los genes involucrados en las rutas biosintéticas de flavonoides y/o nuevas recombinaciones capaces de producir estos efectos.

4- En todo el complejo de especies se observa una amplia variación en los patrones cromatográficos, lo cual sugiere alto grado de heterocigosis como consecuencia de los exocruces .

5- La alta afinidad química entre las poblaciones muestreadas de híbridos y de *E. Schultzii* sugiere introgresión.

6- Tanto las poblaciones parentales como las híbridas presentan valores relativamente bajos de fertilidad natural.

7- Los híbridos aparentemente no presentan mecanismos post-zigóticos de aislamiento ya que se observa alto grado de germinación y baja producción de semillas no viables, lo cual

implica un alto "vigor híbrido".

8- Los valores de latencia obtenidos, apoyan la hipótesis de un banco de semillas permanente en las tres poblaciones estudiadas, lo cual concuerda con evidencias provenientes de otras especies del género.

9- No podemos concluir de una manera definitiva que entre *E. batata* y *E. schultzei* se esté produciendo un flujo genético. Sin embargo, las evidencias obtenidas apoyan las hipótesis planteadas en el sentido de que tal flujo existe entre estas especies. Consideramos este, como un punto de partida para plantearse la obtención de mayor información a través de estudios genéticos más detallados; así como estudios fitoquímicos, que consideren otros compuestos como aceites esenciales y ácidos kaurénicos.

VI. - BIBLIOGRAFIA

- Alston, R.E. 1966. Chemotaxonomy or Biochemical Systematics. En: Swain T. (Ed.). Comparative Phytochemistry. Academic Press.
- Azocar, A. 1986. Emergencia y establecimiento de plántulas de *Espeletia spicata* en el Páramo desértico. Aceptado para publicación en Acta Científica Venezolana.
- Baruch, Z. 1979. Elevational differentiation in *Espeletia schultzei* (Compositae). A giant rosette plant of the Venezuelan Paramos. Ecology, 60(1), 85-98 pp.
- Briggs, D. y Walters, S.M., 1969. Evolución y variación vegetal. Ediciones Guadarrama. Madrid. 252 pp.
- Crawford, D. 1970. Systematic studies on Mexican *Coreopsis* (Compositae). *Coreopsis nutica*: Flavonoid chemistry, chromosome number, morphology and hybridization. Brittonia, 22, 93-111 pp.
- 1972. The morphology and flavonoid chemistry of synthetic infraspecific hybrids in *Coreopsis nutica* (Compositae). Taxon 21(1), 27-38 pp.
- Cuatrecasas, J. 1968. Paramo vegetation and its life forms. En: Troll, C. (Ed). Geoecología de las regiones montañosas de América tropical. Proceedings of the Unesco. Mexico.
- 1976. A new subtribe in the Heliantheae (Compositae): Espeletinae. Phytologia, 35, 43-61 pp.
- 1978. Miscellaneous notes on Neotropical Flora, X. Phytologia 40, 1, 25-36 pp.
- 1979. Growth forms of the Espeletiinae and their correlation to vegetation types of the high Tropical Andes. En: Lansen, K and Holm-nelsen, L. (Ed). Tropical Botany. London Academic Press.
- 1980. Miscellaneous notes on Neotropical Flora, XI. Phytologia, 45, 17-29 pp.
- Dobzhansky, T. 1970. Genetic of the evolutionary process. Columbia University Press. New York y Londres. 505 pp.
- , Ayala, F.; Stebbins, G. y Valentine, J. 1977. Evolution. W.H. Freeman and Company. San Francisco. 452 pp.

-Estrada, C. 1979. Aspecto de la estrategia del Ciclo Vital de *Coespeletia spicata*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Los Andes. Venezuela. 41 pp.

----- 1983. Dinámica de crecimiento y reproducción de *Espeletia* en el Páramo desértico. Tesis de Maestría. Universidad de Los Andes. Venezuela. 161 pp.

-Fariñas, M. y Monasterio, M. 1980. La vegetación del Páramo de Mucubaji, Análisis de ordenamiento y su interpretación ecológica. En: Monasterio, M. (Ed.): Estudios ecológicos en los Páramos Andinos. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 307 pp.

-Guariguata, M. 1985. Dispersión, dinámica de banco de semillas y germinación en *Espeletia timotensis* Cuatr. Compositae. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 71 pp.

----- y Azocar, A. 1986. Seeds population dynamics and germination in *Coespeletia timotensis*, snowan giant rosette. En prensa.

-Goldstein, G. y Meinzer, F. 1983. Influence of insulations dead leaves and low temperature on water balance in an Andean giant rosette plant. *Plant, Cell and Environment* 6,647-656 pp.

-----; Rada, F. y Azocar, A. 1976. Cold hardiness and supercooling an altitudinal gradient in Andean rosette species. *Oecologia* 68,147-152 pp.

-Guedez, F. 1978. Taxonomía numérica: principios adansonianos y formación de grupos por el método de unión simple. Ediciones Centro de Computación y Microscopía electrónica. Universidad de Los Andes. Venezuela. 32 pp.

-Harborne, J.B. 1967. Comparative Biochemistry of the Flavonoids. Academic Press.

-Hsiao, J. y Li, H. 1973. Chromatographic studies on the red horse-chestnut (*Aesculus x Carnea*) and its putative parent species. *Brittonia* 25,57-63 pp.

-Lauer, W. 1979. La posición de los Páramos en la estructura del paisaje de los Andes Tropicales. En: Salgado-Labouriau, M. L. (Ed.). El Medio Ambiente Páramo. Ediciones del Centro de Estudios Avanzados del IVIC., Venezuela. 234 pp.

-Levy, M. y Levin, 1971. The origin of novel flavonoids in Phlox Allotetraploids. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 68,7,1627-1630 pp.

----- 1974. Novel Flavonoids and reticulate evolution in the Phlox Pilosa-p Drummondii complex. American Journal of Botanic 61,2,156-167 pp.

-Mabry, T.J.; Markhan, K. y Thomas, B. 1970. The Systematic Identification of Flavonoids. Springer-Verlag.

-Malagón, D. 1982. Evolución de los suelos en el Páramo Andino. Cidiac. Mérida. Venezuela. 222 pp.

-Mayr, E. 1968. Especies animales y Evolucion. Ediciones de la Universidad de Chile. Editorial Ariel, S.A. 808 pp.

-Monasterio, M. 1979. El Páramo desértico en el altiandino de Venezuela. En: Salgado-Labouriau, M. L. (Ed.). El Medio Ambiente Páramo. Ediciones del Centro de Estudios Avanzados del IVIC. Venezuela. 234 pp.

----- 1980. Las formaciones vegetales de los Páramos de Venezuela. En: Monasterio, M. (Ed.). Estudios Ecológicos de los Páramos Andinos. Ediciones de la Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 307 pp.

----- y Reyes, S. 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los Páramos de los Andes Venezolanos. En: Monasterio, M. (Ed.). Estudios Ecológicos de los Páramos Andinos. Ediciones de la Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.

----- 1983. Adaptaciones de especies del trópico frío: el caso *Espeletia* en el Páramo desértico. Trabajo de Ascenso. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.

-Moreno, E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México. 283 pp.

- Moreno-Alvarez, M. J. y Hurtado, J. A. 1983. Resultados preliminares de un estudio comparativo entre poblaciones de *Espeletia schultzii* (Compositae) basado en sus flavonoides. Actas del VII Congreso Venezolano de Botánica. Jardín Botánico. Caracas. Venezuela.
- Moreno-Alvarez, M. J. 1986. El uso de flavonoides en biología evolutiva. Seminario Especial de Grado. Universidad de Los Andes. BIECI. Mérida. Venezuela. 41 pp.
- Murray, B. y Williams, C. 1973. Poliploidy and flavonoid synthesis in *Briza media* L. Nature 243,87-88 pp.
- Rada, F.; Goldstein, G.; Azocar, A. y Meinzer, F. 1985. Freezing avoidance in Andean giant rosette plants. Plant, Cell and Environment 8,501-507 pp.
- Salgado-Labouriau, M. L. 1976. Historia de la vegetación de Los Andes en los últimos ocho mil años. Lineas 232,6-11 pp.
- Seeligmann, P. y Alston, R. 1967. Complex chemical variation and the taxonomy of *Hymenoxys scaposa* (Compositae). Brittonia 19,205-211 pp.
- Siegel, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. International Student Edition. Mc Graw-Hill Kogakusha, LTD.
- Schubert, C. 1974. Late Pleistocene Merida glaciation, Venezuelan Andes. Boreas 3,147-152 pp.
- 1979. La zona del Paramo: morfología glacial y periglacial de los Andes Venezolanos. En: Salgado-Labouriau, M. L. (Ed.). El Medio ambiente Páramo. Ediciones del Centro de Estudios Avanzados del IVIC. Venezuela. 233 pp.
- Smith, A. y Kock, M. 1935. The genus *Espeletia*: A study in Phylogenetic Taxonomy. Brittonia 1,479-530 pp.
- Smith, D. y Levin, D. 1963. A chromatographic study of reticulate evolution in the Appalachian *Asplenium* complex. American Journal of Botany. 50,9,952-958 pp.

-Sneath, P. y Sokal, R. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Company. San Francisco. 253 pp.

-Sokal, R. y Rohlf, F. 1980. Introducción a la Bioestadística. Editorial Reverté, S.A. . 362 pp.

-Stebbins, G. 1966. Processes of Organic Evolution. Prentice-Hall. New Jersey. 191 pp.

----- 1969. The significance of hybridization for Plant Taxonomy and Evolution. *Taxon* 18,26-35 pp.

-Taylor, R. y Campbell, D. 1969. Biochemical systematics and Phylogenetic interpretations in the genus *Aquilegia*. *Evolution* 23,152-162 pp.

-Torres, F. 1979. Anatomía del xilema de *Espeletinae* Cuatr. En: Salgado-Labouriau, M. L. (Ed.). El Medio Ambiente Páramo. Ediciones del Centro de Estudios Avanzados, IVIC. Venezuela. 233 pp.

-Turner, B. L. y Alston, R. 1959. Segregation y recombination of chemical constituents in a hybrid swarm of *Baptisia laevicaulis* x *B. viridis* and their taxonomic implications. *American Journal of Botany* 46,9,678-686 pp.

-Viullenier, B. 1971. Pleistocene changes in the fauna and flora of South America. *Science* 173,771-780 pp.

VII. - APENDICE

**MATRIZ DE SIMILITUD DE LOS DATOS
MORFOMETRICOS (INDICE DE SORENSEN)**

	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	B	B	B	B	B	B	B	B	B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HI-1	-																													
HI-2	73	-																												
HI-3	89	79	-																											
HI-4	70	88	75	-																										
HI-5	63	85	86	86	-																									
HI-6	80	85	85	88	96	-																								
HI-7	74	84	76	90	90	90	-																							
HI-8	75	89	80	91	91	82	86	-																						
HI-9	88	86	74	92	82	83	83	84	-																					
HI-10	71	81	73	92	86	86	92	82	88	-																				
BI-1	81	76	82	80	79	81	75	85	73	69	-																			
BI-2	88	85	80	71	78	79	79	76	63	73	87	-																		
BI-3	76	83	66	57	65	64	83	81	51	57	74	80	-																	
BI-4	64	72	85	77	81	84	78	82	70	72	95	92	77	-																
BI-5	78	54	68	58	67	66	67	63	52	61	76	86	85	79	-															
BI-6	64	75	68	86	79	80	88	76	90	95	67	70	54	70	60	-														
BI-7	75	82	65	56	64	64	60	81	51	54	74	77	95	77	82	81	-													
BI-8	85	72	88	76	81	83	77	82	70	71	95	91	78	89	80	69	77	-												
BI-9	85	70	80	74	77	78	72	79	67	68	91	89	81	93	82	63	79	93	-											
BI-10	81	88	83	73	81	81	82	78	66	76	85	92	72	89	83	75	68	88	82	-										
SI-1	88	77	77	73	79	79	78	74	72	76	61	64	49	83	52	70	46	62	58	66	-									
SI-2	69	69	77	65	73	72	88	68	64	67	61	64	48	63	54	62	46	62	58	68	92	-								
SI-3	68	66	76	62	71	69	66	65	61	64	60	63	47	62	53	60	45	62	57	67	88	94	-							
SI-4	70	68	78	63	73	70	67	67	63	66	61	64	48	63	54	61	46	63	58	68	91	97	96	-						
SI-5	56	68	63	69	66	65	68	61	77	74	49	50	36	50	43	77	34	50	46	55	83	80	78	79	-					
SI-6	75	78	82	71	82	80	76	75	70	74	86	69	53	68	57	68	51	67	63	71	94	92	88	91	77	-				
SI-7	58	68	65	64	67	66	68	62	64	66	51	52	39	52	43	62	37	52	48	55	86	85	86	85	78	80	-			
SI-8	64	73	72	69	74	74	73	68	68	71	57	59	45	59	48	65	43	58	54	61	94	90	93	92	81	88	92	-		
SI-9	68	80	75	75	79	78	81	72	74	78	60	61	46	61	54	73	43	61	57	68	92	85	82	84	83	91	82	86	-	
SI-10	57	88	84	70	67	66	69	62	78	78	50	51	38	52	43	77	36	51	47	52	84	80	75	78	94	80	77	80	82	-

LEYENDA
H : HIBRIDOS
B : E. batata
S : E. schultzei

Tabla n° 1. Matriz de similitud de los datos morfométricos calculado con el índice de Sorensen.

MATRIZ DE SIMILITUD DE LOS DATOS

QUIMICOS (INDICE DE SOKAL Y MI -
CHENER).

	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B1-1	-																												
B1-2	75	-																											
B1-3	71	75	-																										
B1-4	57	67	71	-																									
B1-5	60	71	75	82	-																								
B1-6	75	71	82	60	71	-																							
B1-7	75	78	89	75	78	86	-																						
B1-8	82	85	82	78	78	85	82	-																					
B1-9	67	64	75	75	71	71	78	78	-																				
B1-10	78	67	78	57	80	75	82	75	75	-																			
H1-1	64	53	64	64	60	60	67	60	60	64	-																		
H1-2	57	60	64	71	75	60	67	60	53	71	71	-																	
H1-3	53	57	60	75	71	57	64	57	57	67	67	89	-																
H1-4	46	57	53	60	71	50	57	57	57	60	53	82	71	-															
H1-5	57	60	57	57	60	67	60	60	60	57	64	50	53	53	-														
H1-6	57	60	57	57	67	60	60	60	53	64	64	78	82	67	57	-													
H1-7	50	53	64	64	60	60	67	60	67	64	78	64	67	60	57	64	-												
H1-8	71	53	64	57	60	67	75	67	53	71	64	71	75	60	64	71	57	-											
H1-9	64	53	57	57	67	60	60	60	53	57	71	71	67	75	64	64	64	78	-										
H1-10	57	46	57	50	53	60	67	60	46	64	64	71	67	60	42	64	64	78	64	-									
S1-1	53	50	67	60	57	57	64	57	64	60	60	53	57	50	67	46	53	53	46	46	-								
S1-2	53	71	67	75	71	64	71	71	57	60	67	75	64	64	46	53	67	46	53	60	57	-							
S1-3	53	57	60	75	78	64	64	64	71	53	60	67	71	71	75	60	60	60	67	46	78	64	-						
S1-4	57	67	71	85	75	60	75	75	75	64	71	71	67	67	57	57	78	50	50	57	67	82	75	-					
S1-5	57	53	64	78	60	53	60	60	75	57	57	50	53	46	57	35	57	42	42	35	82	67	75	78	-				
S1-6	57	53	64	57	53	67	67	60	60	64	71	57	60	46	71	64	78	64	50	64	67	60	67	71	64	-			
S1-7	50	60	64	71	67	67	60	67	71	64	71	67	60	71	57	64	57	57	42	60	67	67	64	64	64	-			
S1-8	60	57	60	75	71	50	57	64	71	53	60	53	57	57	67	46	53	46	53	32	78	57	78	75	82	53	60	-	
S1-9	60	57	67	60	64	71	71	64	50	60	67	75	71	57	60	67	67	75	60	75	71	71	71	67	60	88	60	50	-

Tabla n°11 Matriz de similitud de los datos químicos calculada con el índice de Sokal y Michener.

LEYENDA
H : HBRIDOS
B : E. batata
S : E. schultzei

Datos morfométricos
E. batata

Individuos	nº de ejes	Longo \bar{x} de los ejes	Ancho \bar{x} de los ejes	nº de inferencias \bar{x} por eje	Diámetro \bar{x} de los inflorescencias	Ancho \bar{x} de los hojas del escape	Longo \bar{x} de las hojas del escape
B1-1	13	26.45 ± 5.53	0.20 ± 0	1	1.42 ± 0.18	0.307 ± 0.0138	1.41 ± 0.248
B1-2	6	24.33 ± 1.44	0.28 ± 0.068	1	2.26 ± 0.20	0.33 ± 0.0294	1.82 ± 0.135
B1-3	7	14.58 ± 0.95	0.20 ± 0.0045	1	1.26 ± 0.11	0.33 ± 0.047	1.57 ± 0.158
B1-4	10	26.00 ± 4.97	0.29 ± 0.035	1	1.94 ± 0.124	0.42 ± 0.079	1.67 ± 0.248
B1-5	4	16.75 ± 1.87	0.20 ± 0	1	1.50 ± 0.192	0.30 ± 0	1.30 ± 0.28
B1-6	5	52.20 ± 3.85	0.22 ± 0.0196	1	2.00 ± 0.24	0.18 ± 0.073	1.80 ± 0.48
B1-7	8	13.58 ± 5.82	0.20 ± 0	1	1.54 ± 0.086	0.34 ± 0.0365	1.06 ± 0.153
B1-8	10	25.90 ± 2.55	0.23 ± 0.026	1	1.62 ± 0.090	0.32 ± 0.022	1.57 ± 0.249
B1-9	11	22.40 ± 2.76	0.23 ± 0.024	1	1.25 ± 0.226	0.39 ± 0.047	2.19 ± 0.152
B1-10	4	28.20 ± 0.55	0.30 ± 0	1	2.10 ± 0.079	0.45 ± 0.0325	1.95 ± 0.073

Tabla n.º III Resultados promedio de 10 individuos de E. batata, analizados morfométricamente.

**Datos morfométricos
Híbridos**

Individuos	Nº de ojos	Largo \bar{X} de los ojos	Ancho \bar{X} de los ojos	Nº de inflorescencias \bar{X} por ojo	Diámetro \bar{X} de las inflorescencias	Ancho \bar{X} de las hojas del escapo	Largo \bar{X} de las hojas del escapo
HI-1	7	23.51 ± 1.40	0.57 ± 0.26	5.71 ± 0.54	1.46 ± 0.11	0.36 ± 0.080	3.60 ± 0.66
HI-2	18	40.60 ± 2.0	0.46 ± 0.09	5.17 ± 0.92	1.17 ± 0.14	0.37 ± 0.082	5.76 ± 0.84
HI-3	9	28.20 ± 1.93	0.52 ± 0.061	7.60 ± 1.05	1.60 ± 0.31	1.30 ± 0.80	4.57 ± 0.51
HI-4	13	44.76 ± 3.43	0.32 ± 0.0024	2.33 ± 0.55	2.16 ± 0.49	0.64 ± 0.14	2.62 ± 0.50
HI-5	8	36.08 ± 5.60	0.56 ± 0.10	4.00 ± 0.69	1.35 ± 0.096	0.60 ± 0.11	3.26 ± 0.64
HI-6	9	36.84 ± 0.66	0.32 ± 0.10	4.00 ± 0.24	2.04 ± 0.33	0.33 ± 0.062	2.32 ± 0.18
HI-7	6	41.33 ± 4.15	0.30 ± 0.034	2.00 ± 0.50	1.53 ± 0.39	0.66 ± 0.11	2.05 ± 0.23
HI-8	15	35.94 ± 2.12	0.30 ± 0.10	2.53 ± 0.42	2.02 ± 0.17	0.44 ± 0.096	2.68 ± 0.24
HI-9	13	52.53 ± 2.49	0.42 ± 0.022	5.28 ± 0.55	1.59 ± 0.19	0.63 ± 0.050	2.61 ± 0.31
HI-10	6	47.52 ± 2.46	0.50 ± 0.062	2.60 ± 0.31	2.47 ± 0.50	0.42 ± 0.10	2.70 ± 0.23

Table n.º IV Resultados promedios de 10 individuos híbridos analizados morfométricamente.

Datos morfométricos

E. schultzei

Individuos	Nº de ejes	Longo \bar{x} de los ejes	Ancho \bar{x} de los ejes	Nº de inflorescencias \bar{x} por eje	Diámetro \bar{x} de las inflorescencias	Ancho \bar{x} de los hojales del escapo	Longo \bar{x} de los hojales del escapo
SHI-1	6	38.33 ± 6.67	1.10 ± 0.11	20 ± 3.80	2.06 ± 0.23	1.07 ± 0.13	8.16 ± 0.91
SHI-2	5	32.10 ± 2.71	1.60 ± 0.08	22.4 ± 4.46	2.18 ± 0.12	1.60 ± 0.18	8.86 ± 0.37
SHI-3	5	30.80 ± 4.85	1.28 ± 0.14	27.80 ± 4.22	2.25 ± 0.07	1.30 ± 0.11	8.76 ± 0.67
SHI-4	5	31.20 ± 1.90	1.16 ± 0.03	24.40 ± 1.63	1.86 ± 0.22	1.24 ± 0.12	8.04 ± 0.40
SHI-5	3	59.80 ± 2.69	1.16 ± 0.03	22.50 ± 2.57	1.70 ± 0.17	1.03 ± 0.06	5.76 ± 0.39
SHI-6	6	34.00 ± 6.43	0.96 ± 0.11	16.33 ± 1.05	1.88 ± 0.06	1.22 ± 0.22	7.60 ± 1.08
SHI-7	5	39.66 ± 2.24	1.58 ± 0.23	36.80 ± 11.55	1.66 ± 0.09	0.98 ± 0.07	11.66 ± 0.68
SHI-8	6	38.28 ± 2.94	1.42 ± 0.15	29.16 ± 3.34	1.85 ± 0.11	1.16 ± 0.11	7.85 ± 0.24
SHI-9	3	40.50 ± 5.95	1.06 ± 0.13	15.66 ± 4.88	1.40 ± 0.11	0.60 ± 0	7.00 ± 0.20
SHI-10	5	62.14 ± 3.15	1.52 ± 0.24	18.60 ± 1.82	1.80 ± 0.14	1.30 ± 0.15	8.58 ± 0.96

Tabla n.º V : Resultados promedio de 10 individuos de *E. schultzei* analizado morfométricamente.

Test no parametrico de Kendall

"Especies"	Nº promedio de ejes	Largo promedio de los ejes	Ancho promedio de los ejes	Nº de inflexiones promedio por eje	Diámetro promedio de los ejes	Ancho promedio de las hojas del escape	Largo promedio de las hojas del escape
E. batata	2	1	1	1	1	1	1
Hibridos	3	2	2	2	2	2	2
E. schultzei	1	3	3	3	3	3	3

Tabla nº: vi Se muestra los valores del Test no parametrico de Kendall.

W = 0.541 valor del indice
 $\chi^2 = 7.57$ Chi cuadrado
 $P < 0.05$

LEYENDA
El nº 1 representa el menor valor promedio
El nº 2 representa el valor intermedio
El nº 3 representa el mayor valor promedio