

IICA



**MEMORIA DEL CURSO SOBRE MANEJO
DE RECURSOS GENETICOS EN FRUTALES
NATIVOS DE LA SELVA BAJA**

Iquitos, Perú, 15 a 20 de Octubre de 1984

**Serie de Ponencias, Resultados y
Recomendaciones de Eventos Técnicos No. 349**

ISSN-0253-4746

Lima, Perú 1985

A
T-349
5

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
OFICINA EN PERU**

**MEMORIA DEL CURSO SOBRE MANEJO
DE RECURSOS GENETICOS EN FRUTALES
NATIVOS DE LA SELVA BAJA**

Iquitos, Perú, 15 a 20 de Octubre de 1984

EDITORES:
Antonio M. Pinchinat
Luis Salinas B.

**SERIE DE PONENCIAS, RESULTADOS Y
RECOMENDACIONES DE EVENTOS TECNICOS No. 349
ISSN-0253-4746**

LIMA, PERU, 1985

This One



NRQL-CYC-48WQ

Digitized by Google

COLECCIÓN ESPECIAL
NOSAS "DE" BIBLIOTECA
II IA

IIcA
PRCT-349
/985

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	5
EXPOSITORES Y COORDINADORES	9
PARTICIPANTES	13
EXPOSICIONES	17
Sistemas genéticos y su importancia en el manejo de recursos genéticos de frutales nativos de la Amazonía.	19
Domesticación, agricultura y recursos genéticos: pasado, presente y futuro.	31
Principios de mejoramiento de plantas.	43
Nuevas técnicas en la propagación, manejo y conservación de germoplasma.	51
La definición de descriptores y la toma de las características en el campo.	69
Manejo de colecciones.	78

Introducción

COLECCION ESPECIAL
NO SACAR DE LA BIBLIOTECA
DICCIONARIO Google

En el Taller de Trabajo, sobre un Programa Regional de Investigación de Frutales Nativos de la Selva Baja, realizado en Iquitos del 17 al 20 de julio de 1984, se recomendó la capacitación del personal profesional en relación al manejo de recursos fitogenéticos.

Como seguimiento del mencionado Taller se programó la realización del curso sobre "Manejo de Recursos Genéticos en Frutales Nativos de la Selva Baja", el mismo que se desarrolló del 15 al 20 de octubre de 1984, en la ciudad de Iquitos.

Gracias al apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF); el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP); y el Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA), la actividad fue ejecutada y llevada a feliz término.

Los objetivos principales de este curso fueron los de capacitar a los investigadores de las instituciones interesadas de la Selva Baja en el manejo de Germoplasma vegetal en general y de los Frutales Nativos de esta región en particular; y, contribuir al mejoramiento genético de los Frutales Nativos de la Selva Baja del Perú.

Expositores y Coordinadores

A. EXPOSITORES

Como expositores del curso participaron profesionales nacionales e internacionales:

Dr. Miguel Holle

Representante Regional para América Latina del Consejo Internacional para Recursos Fitogenéticos (CIRF) Colombia (c/o CIAT).

Dr. Eduardo Lleras

Especialista en Botánica Tropical.

Convenio IICA/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA)

Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN).

SAIN, Parque Rural, Caixa Postal 10-2372, Brasilia 70000, D.F. Brasil

Ing. Antonio Manrique Gómez

Profesor de Fitomejoramiento General y de Genética Vegetal Avanzada

Universidad Nacional Agraria, La Molina (UNA).

Lima, Perú

Dr. Miguel Morán Robles

Jefe de Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Profesor de Genética Vegetal Avanzada y de

Fitomejoramiento General de la Universidad Nacional Agraria, La Molina (UNA)

Lima, Perú

B. COORDINADORES

La coordinación del curso estuvo a cargo de los siguientes profesionales:

Dr. Antonio M. Pinchinat,

Especialista en Investigación Agrícola y Desarrollo de los Trópicos

IICA, Perú

Coordinador Local

Ing. Otoniel Mendoza Rojas

Director Estación Experimental Agraria San Roque - CIPA XVI - Iquitos - Apartado 307 -

Iquitos, Perú.

Participantes

Participaron en este curso 21 profesionales de instituciones públicas nacionales relacionadas con las actividades del agro.

A. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA)

1. CIPA XI — Huánuco
Ing. Mercedes Auris Bravo

2. CIPA XVI — Iquitos
Ing. Ramón Barrera Meza
Ing. Ronaldo Cárdenas Mori
Ing. Walker Cubas Pérez
Ing. José Gonzáles Tangoa
Ing. Consuelo Picón Baos
Ing. Mario Pinedo Panduro
Ing. Elba Tanchiva Flores

CIPA XVI — E.E. de Yurimaguas.
Ing. Renelly Corel Dávila
Ing. Beto Pashanasi Amasifuen

3. CIPA XVII — Madre de Dios
Ing. Rafael Chumbimune Zanabria

4. CIPA XVIII — Pucallpa
Ing. Rita Riva Ruíz

B Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)

Blgo. Kember Mejía Carhuanca
Ing. Armando Vásquez Matute

C. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP)

Ing. Herman Collazos Saldaña
Ing. Mirtha Gratelli Dávila
Ing. Rodil Tello Espinoza
Ing. Julio Vásquez Ramírez
Ing. Walter Vásquez Riveiro

D. Universidad Nacional de Ucayali (UNU)

Ing. Giraldo Almeida V.
Ing. Rosendo Dávila Durand

Exposiciones

SISTEMAS GENÉTICOS Y SU IMPORTANCIA EN EL MANEJO DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTALES NATIVOS DE LA AMAZONIA. VISION PRELIMINAR

Dr. Eduardo Lleras (1)

1.- RESUMEN

En el presente trabajo se da una rápida visión a los sistemas genéticos en plantas superiores con énfasis especial, en lo que sabemos de los mismos, para especies perennes tropicales. Se aborda de manera especial el sistema reproductivo, ya que es el mayor responsable por la recombinación. Constituyen ejemplos de ellos, los tomados de frutíferas y palmeras de la Amazonía. Es discutida también, de manera sucinta, la importancia que tiene el conocimiento de la biología reproductiva para la recolección, conservación y manejo de recursos genéticos y asimismo el conocimiento de algunas consideraciones sobre los tipos básicos de estrategias reproductivas para que podamos encontrar en especies perennes tropicales la alogamia total o parcial, de gran importancia para el Sistema.

II.- INTRODUCCION

Aunque las acepciones difieren algo entre autores, generalmente se definen como **Sistemas Genéticos** todos aquellos factores intrínsecos o internos que influyen la recombinación (Stebbins, 1950; Smith, 1974).

Dos tipos principales de factores son tradicionalmente considerados en el sistema genético: el mecanismo cromosómico y el sistema de reproducción (Stebbins, 1950; Dobzansky, 1970; Smith, 1974). En este contexto, Stebbins (1950) anota que en organismos superiores, la selección actúa primariamente encima de recombinaciones genéticas en vez de mutaciones individuales, siendo por lo tanto las primeras más importantes que las segundas. A su vez, el sistema de reproducción juega un papel más importante que el mecanismo cromosómico en términos evolutivos (Darlington, 1940; Huxley, 1942; Stebbins, 1950). Esto es, sin duda, bastante lógico, pues la expresión de las mutaciones genéticas y cromosómicas dependen de la recombinación, y ésta, a su vez, está íntimamente ligada con el sistema reproductivo.

Aún cuando, actualmente, el mecanismo cromosómico es bastante bien comprendido en sus detalles básicos (veáse por ejemplo, Dobzansky, 1970; Stebbins, 1940; Frankel & Galun, 1977), existen pocos datos sobre el mismo en especies perennes tropicales. Indudablemente, numerosos ejemplos de los diferentes tipos de modificaciones cromosómicas ocurren en este grupo de plantas; sin embargo, actualmente no sabemos prácticamente nada sobre los mismos.

(1) Especialista en Botánica Tropical. Convenio IICA/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). Centro Nacional de Recursos Genéticos.

Debido a las razones citadas anteriormente, el presente trabajo se limitará a discutir los aspectos reproductivos del sistema genético, y su importancia en el manejo y recolección de recursos genéticos vegetales, con énfasis en especies perennes tropicales, especialmente frutíferas.

III.- SISTEMAS REPRODUCTIVOS EN PLANTAS SUPERIORES

Durante el presente siglo, diversas estrategias han sido desarrolladas para muestreo de recursos genéticos, habiéndose destacado, de manera general, dos grandes tendencias. La primera, más tradicional, toma como punto de partida, experiencia anterior y sentido común (ej. Allard, 1970), mientras que la segunda está fundamentada en un abordaje matemático-esadístico del muestreo aleatorio de la frecuencia génica de la población (ej. Marshall & Brown, 1975; 1983). Las dos sin embargo, fueron desarrolladas con, y para material cultivado de la zona templada.

En los últimos cinco años, se ha comprendido que aunque estas estrategias no están intrínsecamente erradas, tampoco son apropiadas para especies perennes tropicales, como en nuestro caso (para una visión actualizada de este asunto, ver Lleras, Coradin & Hay, 1984). Hoy se considera que para conseguir manejar, coleccionar o conservar adecuadamente recursos genéticos de especies perennes tropicales es necesario primero entender la biología de poblaciones y especialmente la estrategia reproductiva de las mismas (Frankel, 1983; Lleras, Coradin & Hay, 1984).

Muchas de las propiedades de las poblaciones dependen del grado de heterocigocidad mantenido por un estado más o menos constante de recombinación dentro de las mismas. Sin embargo, en poblaciones de fertilización cruzada o **alógamas**, diferencias cromosómicas, cruzamiento selectivo y ocasionalmente, cantidades variables de esterilidad intrapoblacional, restringen una recombinación completa y al acaso (Smith, 1974). El tipo de reproducción juega un papel fundamental en este proceso, y si se piensa que las diferentes estrategias reproductivas presentan diferentes valores evolutivos y de sobrevivencia sobre diferentes condiciones de selección natural, no es de sorprender que muchas plantas presenten sistemas polivalentes que permiten la operación de varios mecanismos reproductivos dentro de la misma población y aún en el mismo individuo.

En plantas superiores, existen dos sistemas básicos de reproducción: reproducción asexual, que consiste esencialmente en la replicación de un genotipo ya existente, y en la cual no es posible la recombinación; y, reproducción sexual, que permite recombinación genética en diferentes grados de acuerdo con el tipo de la misma y con la especie.

Dentro de la reproducción sexual, podemos definir tres tipos fundamentales: predominantemente **alógama**, cuando hay una tendencia marcada para fertilización cruzada, es decir, troca de genes entre individuos diferentes; predominantemente **autógama**, cuando la tendencia es para autofertilización en un mismo individuo; y **mixta**, cuando los dos mecanismos anteriores operan en la misma población o aún en el mismo individuo.

En la figura 1 es presentado un modelo del triángulo reproductivo idealizado por Fryxell (1957) y que resume sucintamente la reproducción en plantas, con algunas adiciones más. Como puede observarse, además de las tres categorías básicas, **alógama** (A), **autógama** (a) y **apomítica** (G), existen variaciones de las tres. Las categorías A, B y C representan las especies que son totalmente sexuales; D y F representan especies **alógamas** o **autógamas** que también presentan reproducción asexual, y finalmente, E representa el grupo de especies más oportunistas, que se valen de todas las modalidades reproductivas disponibles. De manera general, la mayoría de las especies que son apomíticas facultativas se encuentran en la región D, con pocas especies en E y F (Shonewald-Cox, 1983; Hamrick, 1983).

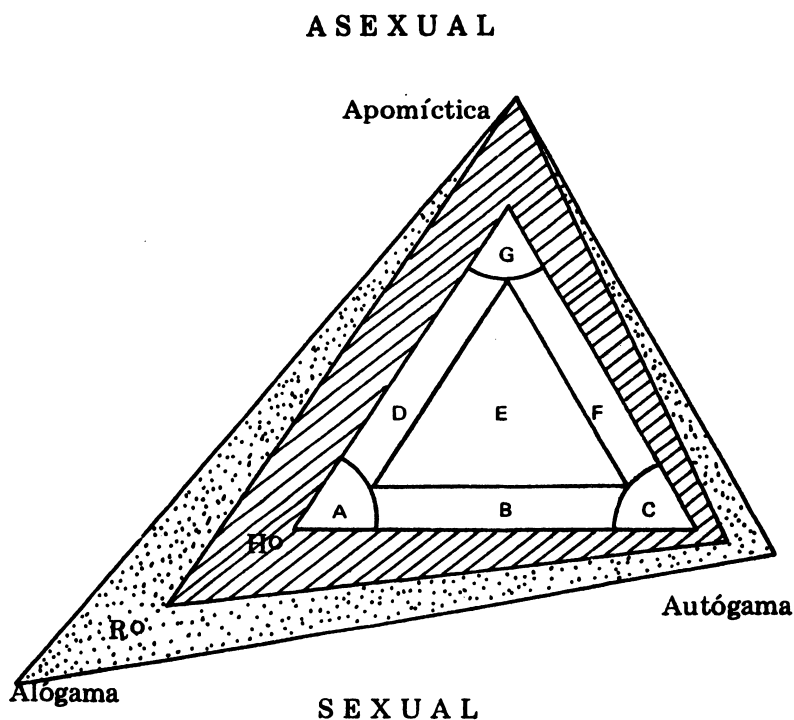


FIGURA 1. Triángulo reproductivo para plantas superiores, modificado de Fryxell (1957) para incluir recombinación (R^o) y heterocigosis (H^o). Las letras (A-G) están explicadas en el texto.

Como puede verse, las especies totalmente alógamas son las que presentan una mayor tasa de recombinación (R^o) y por consiguiente una mayor heterocigosis (H^o). En especies totalmente autógamas, la recombinación es menor, siendo también menor la heterocigosis (pudiendo llegar, después de un cierto número de generaciones a homocigosis total). En la reproducción totalmente apomítica, no puede existir recombinación, y aunque hay un cierto grado de heterocigosis, ésta es constante y sólo modificable a través de mutaciones. Naturalmente, la situación para las categorías intermedias es mucho más compleja.

Debemos entonces preguntarnos cuáles son las razones para esta gran complejidad reproductiva en plantas, que ciertamente es más compleja que en animales (Stebbins, 1950). La figura 2 presenta una visión más amplia de las consecuencias de los diversos tipos de reproducción. Como puede observarse, la alogamia y la apomixia totales representan dos extremos, siendo la autogamia una situación intermedia (con excepción de heterocigosis).

¿Qué representan, en términos evolutivos y de adaptación estos extremos? Representan, básicamente, dos estrategias opuestas de abordar la sobrevivencia. En el caso de plantas totalmente apomíticas, se ha sacrificado el potencial evolutivo (P^e) para el futuro, en troca de un buen ajuste ("Fitness" F_t) a condiciones actuales. Sacrificada la capacidad de recombinación (R^e), se sacrifica la posibilidad de generar nuevas formas sobre las cuales pueda actuar la selección natural, pero al mismo tiempo se mantiene un genotipo ya testado y bien ajustado a condiciones actuales (Stebbins, 1950; Clegg y Brown, 1983).

En sistemas alogámicos puros se mantiene una alta capacidad evolutiva a través de altas tasas de recombinación y alta heterocigosis sobre la cual puede actuar la selección natural, pero debido a esa misma recombinación, son generados muchos genotipos con diferentes grados de ajuste ("fitness") al medio, muchos de los cuales no tienen condiciones de sobrevivir.

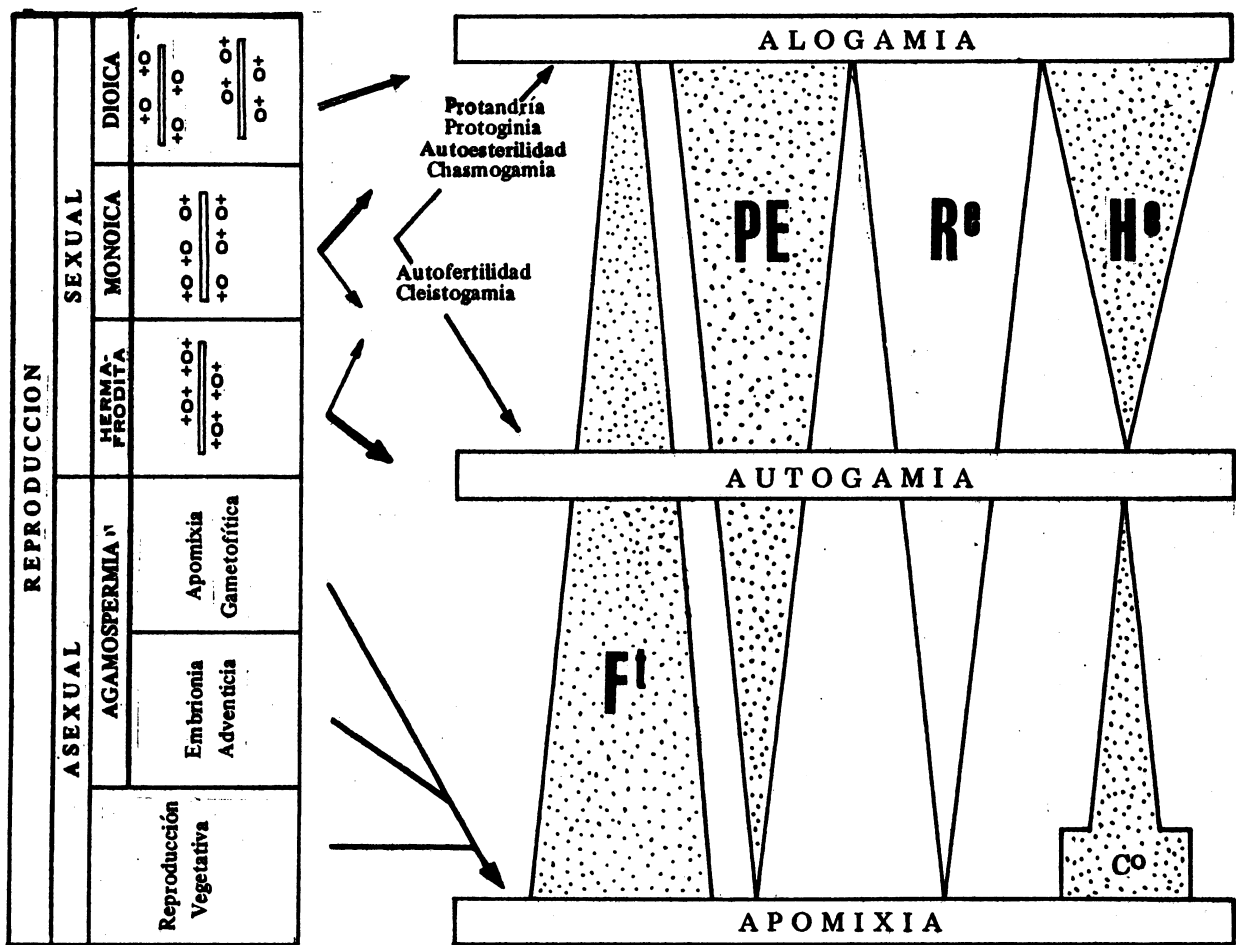


FIGURA 2.— Relación entre los principales sistemas de reproducción en plantas superiores y características de las mismas. F^t, "Fitness" (ajuste al medio; PE, potencial evolutivo; R^e, recombinación; H^e, Heterocigosis; C^o, constante. La grosura de las flechas indica la dirección de mayor tendencia.

Las especies autógamias representan un caso intermediario, pues mantienen una situación intermedia entre ajustes a condiciones actuales y potencial evolutivo; sin embargo, reduciendo la heterocigosis, pueden tornarse muy vulnerables a condiciones adversas repentinas.

Vemos pues, que estas tres formas puras de reproducción presentan ventajas nítidas en situaciones específicas, pero exigen también el sacrificio de otras tantas ventajas, y ésta es la principal razón para que la mayoría de las especies presenten más de un sistema de reproducción (Stebbins, 1950; 1970).

IV.- REPRODUCCION EN ESPECIES PERENNES TROPICALES

Aunque existen diversos trabajos sobre especies perennes en los trópicos, poco se sabe, efectivamente, sobre los tipos reproductivos de las mismas, y menos aún sobre la dinámica del proceso de reproducción (Webb & Bawa, 1983; Lleras, Coradin & Hay, 1984).

Al hacer un levantamiento para la preparación de este trabajo, fue constatado que de las 84 especies de dicotiledóneas Amazónicas citadas por Cavalcante (1976), 70 presentaban flores hermafroditas, 6 eran monóicas declinas, y 8 eran dióicas. Es decir, 80 o/o de las especies citadas, que representan un "transesto" de la vegetación perenne amazónica, pues pertenecen a familias muy diversas, presentan flores hermafroditas. Como especies monóicas diclinas o hermafroditas pueden ser alógamas, autógamas o mixtas, lo único que tal vez se pueda concluir de estos datos es que posiblemente un 10o/o de las especies perennes tropicales son alógamas obligatorias.

El cuadro 1, presentado a seguir, resume lo que ha sido posible constatar en la literatura con relación a los tipos de reproducción conocido para fruteras, palmeras y algunas otras especies de interés en la Amazonía.

Como puede ser observado, todas las especies, tanto de dicotiledóneas como de palmeras para las cuales existen datos, presentan alogamia total o parcial. Todas presentan más de un tipo de polinizador, lo que es indicativo de una estrategia reproductiva diversificada. Con excepción de *Pourouma cecropiifolia*, que es una especie típica de áreas disturbadas, el porcentaje de frutos formados con relación a flores producidas es bajo (esto es típico de plantas alógamas — *Pourouma cecropiifolia*— por ser dióica, es alógama obligatoria y por lo tanto anómala en esta característica).

La tendencia a la alogamia observada en estas especies es bastante interesante desde el punto de vista ecológico. Ya en 1950, Stebbins observó, trabajando con gramíneas, que en especies perennes rizomatosas la reproducción sexual era predominante alógama; en perennes cespitosas era alógama o mixta, y en anuales era casi exclusivamente autógama. En 1970, discutiendo la evidencia obtenida en los 20 años anteriores, resumió los tipos de presión de selección que favorecen la autogamia.

En primer lugar, en especies anuales, hay necesidad de producir semillas todos los años para mantener la población. En segundo lugar, la autofertilización es de gran valor en plantas o propágulos individuales que han sido dispersados a grandes distancias y han comenzado a colonizar nuevas áreas. Por último, existe una ventaja en el mismo proceso de colonización - lo que Stebbins (1970) ha llamado de "proceso infectivo" — y que se basa en que la invasión o colonización será tanto más efectiva cuanto mayor sea la semejanza genética con el tipo parental ya bien adaptado al nuevo ambiente. Estos conceptos, con ligeras modificaciones, son igualmente válidos para la reproducción apomíctica.

En especies perennes un factor que tiene que ser considerado es que no hay presión para producir un gran número de propágulos de una sola vez. Para mantener el tamaño de la población, sólo se requiere que cada individuo sea sustituido por otro a su muerte, evento este que, dependiendo de la especie, puede tardar decenas o centenas de años en ocurrir. Así pues, la experimentación genética a través de recombinación alta no es limitada por una reducción en el tamaño de la población como lo sería en una especie anual.

Según Beardmore (1983), las especies tropicales presentan mayor variabilidad genética que las especies de la zona templada o especies cosmopolitas. Esto no es siempre fácil de entender, porque podría suponerse que ambientes que presentan mayor variabilidad climática deberían favorecer mayor diversidad genética, o inversamente, que especies que cubren ambientes muy variados tenderían a favorecer estrategias para mantener la variabilidad.

Tal vez un esbozo de la respuesta pueda ser encontrada en un trabajo publicado por Janzen (1967). En el mismo, fueron hechas comparaciones de temperatura a través de un

CUADRO 1

ALGUNAS DE LAS CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE ESPECIES PERENNES NEOTROPICALES PARA LAS CUALES EXISTEN DATOS

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Reproducción (1)	Tipo floral	Tipo polinizador	No. Polinizada potenciales	o/o Fruto/ flor	Grado (2) domesticación	Referencias
Caimito	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pavon) Radlk	-	MH	-	-	-	D ₁	
Araza	<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	-	MH	-	-	-	D ₁	
Anona, biribá	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baillon	A	MH	Coleopteros	4	32 o/o	D ₁	Falcao et al., 1981
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	A	MH	Coleópteros	-	40 o/o	D ₂	Falcao et al., 1982
Cupuassú	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum.	A	MH	Vespidae	-	-	D ₂	Falcao & Lleras, in press.
Guaraná	<i>Paullinia cupana</i> HBK var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke	A	MD	Apidae	-	-	D ₂	Gondim, 1978
Guama, guava	<i>Inga edulis</i> Mart.	-	MH	Apidae	-	-	D ₁	Absy et al., 1980
Uvilla, caimarón	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	A	D	Apidae	4	91 o/o	D ₁	Falcao & Lleras, 1980b
Zapote, chicxi	<i>Quararibea cordata</i> (Humb. & Bonpl) Vischer	-	MH	-	-	-	D ₁	
Bacuri	<i>Platonia insignis</i> Mart.	-	MH	-	-	-	D ₀	
Guayaba acida, cas	<i>Psidium guianensis</i> Mart.	-	MH	-	-	-	D ₀	
Juvia, castaña-de Brasil, almendra	<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	A	MH	Apidae	-	-	D ₀	France & Mora, 1979
Umari, Mari	<i>Poraqueiba sericea</i> Tulasne	A	MH	Apidae	10	5.6 o/o	D ₀	Falcao & Lleras, 1980a

(1) Categoría de Fryxell (1957), véase la figura 1.

(2) Grado relativo de domesticación: D₀, toleradas y protegidas; D₁, cultivo de quinta; D₂, cultivo agrícola primario; D₃, a nivel de agroindustria.

(CONTINUA)

(CONTINUACION)

CUADRO 1
ALGUNAS DE LAS CARACTERISTICAS REPRODUCTIVAS DE ESPECIES PERENNES NEOTROPICALES
PARA LAS CUALES EXISTEN DATOS

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Reproducción (1)	Tipo floral	Tipo polinizador	No. Polinizada potenciales	o/o Fruto/flor	Grado (2) domes-ticación	Referencias
Pajura	<i>Couepia bracteosa</i> Benth.	A	MH	Apidae	11	2.9 o/o	D ₀	Falcao et al 1981
Lechero, huansoco	<i>Couma utilis</i> Muell. Arg.	A	MH	Apidae Heliconi- dae	6	12.5 o/o	D ₀	Falcao & Lleras 1981
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	A, B	MH	Moscas	—	—	D ₃	Fryxell, 1957
PALMERAS								
Pijuyo, chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.	A, B, G	MD	Coleopteros/ anemofilia	4	—	D ₂	Mora Urpi, 1984
Seje, milpesos	<i>Jessenia batava</i> Mart.	A*, ?	MD	—	—	—	D ₀	Balick, 1981
Unguray, milpesos	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	A*, ?	MD	—	—	—	D ₀	Balick, 1981
Ciamba, posui	<i>Oenocarpus minor</i> Mart.	A*, ?	MD	—	—	—	D ₀	Balick, 1981
Bacaba de Pará	<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	—	MD	—	—	—	D ₀	
Sinamillo	<i>Oenocarpus multicaulis</i> Spruce	—	MD	—	—	—	D ₀	
Corozo, Noli	<i>Elaeis oleifera</i> (H.B.K.) Cortés	A, B	MD	Coleopteros/ anemofilia	—	—	D ₁	Mora Urpi, 1984
Aguaje, moriche	<i>Mauritia flexuosa</i> Linn. f.	—	MD	—	—	—	D ₀	
Caraná	<i>Mauritia martiana</i> Spruce	—	MD	—	—	—	D ₀	
Huririma, guará	<i>Astrocaryum jauari</i> Mart.	—	MD	—	—	—	D ₀	
Murumuru	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	—	MD	—	—	—	D ₀	
Tucuma	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	—	MD	—	—	—	D ₀ /D ₁	

(CONTINUA)

(CONTINUACION)

CUADRO 1

ALGUNAS DE LAS CARACTERISTICAS REPRODUCTIVAS DE ESPECIES PERENNES NEOTROPICALES
PARA LAS CUALES EXISTEN DATOS

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Reproducción (1)	Tipo floral	Tipo polinizador	No. Polinizadas potenciales	o/o Fruto/ flor	Grado (2) dome- sticación	Referencias
PALMERAS (Cont.)								
Assai	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	-	MD	-	-	-	D ₁	
Assai	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	-	MD	-	-	-	D ₀	
Babassu	<i>Orbignya martiana</i> Barb. Rodr.	A, B	MD	-	-	-	D ₁	
-	<i>Orbignya eichleri</i> Drude	A, B	MD	-	-	-	D ₀	
-	<i>Orbignya texeirana</i> Bondar	A, B	MD	-	-	-	D ₀	
mbocaya	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	A, B ?	MD	-	-	-	D ₀ /D ₁	
mbocaya, totai	<i>Acrocomia totai</i> Mart.	-	MD	-	-	-	D ₀ /D ₁	
OTRAS								
Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	A, B.	MD	moscas	-	-	D ₂	Frankel & Galun, 1977
Cacay, inche, tocay	<i>Caryodendron</i> or <i>inocense</i> Karst.	-	MD	-	-	-	D ₀	
-	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth ex Walp.	A	MH	Chiropteros	5	-	D ₀	Hopkins, 1984
-	<i>Parkia cachimboensis</i> H.C. Hopkins	A	MH	Chiropteros	4	-	D ₀	Hopkins, 1984

período de varios años a diferentes alturas en montañas de la zona templada (Estados Unidos), y alturas correspondientes en montañas en los trópicos (Costa Rica). Los resultados encontrados por Janzen no son ni sorprendentes ni nuevos. A cualquier altura en la zona templada, la temperatura es heteroterma, mientras que en los trópicos es isoterma; es decir, en cualquier situación en la zona templada, un individuo estará expuesto a variaciones mucho más marcadas durante el año que un individuo en situación correspondiente en los trópicos. En base a esto, Janzen esencialmente postuló que en los trópicos, las montañas son barreras mucho más formidables a la dispersión de especies que en la zona templada.

Básicamente, lo que se puede concluir del trabajo de Janzen es que en los trópicos, las especies están adaptadas a condiciones mucho más homogéneas que en la zona templada, pues no son expuestas a condiciones extremas todo el año; es decir, tienen fajas de tolerancia a condiciones climáticas mucho más estrechas que las especies de la zona templada.

Por otro lado, es mucho más fácil que ocurran mudanzas ambientales pequeñas que grandes, y de hecho podemos presumir que hay una correlación directa entre la frecuencia de mudanzas ambientales con su magnitud. Ecológicamente, tenemos entonces que las especies que presentan fojas de tolerancia amplias serán afectadas con mucha menos frecuencia que especies con tolerancia más limitada. Desde este punto de vista, la selección natural actúa de una manera mucho más efectiva sobre especies adaptadas a condiciones ambientales más restringidas, y estas tienen que mantener un potencial evolutivo mayor para no ser eliminadas.

Uno de los factores claves en justificar la experimentación genética a través de recombinación alta es el hecho no predecible de la capacidad de adaptación al medio de generaciones futuras, y la continua presión ejercida por el medio sobre especies de estrecha tolerancia garantiza que esto sea "recordado" a cada generación. Para especies de espectro más amplio, el medio es mucho más predecible, pues sólo en situaciones realmente catastróficas se sobrepasará la capacidad de adaptación de las mismas.

Tenemos pues, que especies con espectros de adaptación estrechas necesitan preservar mecanismos reproductivos que mantengan tasas de recombinación altas. En especies con espectros amplios, la recombinación y hasta el mismo potencial evolutivo pueden ser sacrificados cuando existen genotipos muy bien adaptados, pues al fin y al cabo las situaciones catastróficas son muy raras.

La mayor variabilidad genética en los trópicos, así como la considerablemente mayor diversidad de especies en los mismos no es debida, como podría pensarse, a una mayor variabilidad de condiciones ambientales. La gran diversidad de nichos en los trópicos está determinada por las fajas de tolerancia más estrechas de sus especies, con repartición mucho más estrechas del ecosistema.

La variabilidad genética y la diversidad son consecuencias de la repetida experimentación genética que mantiene un potencial evolutivo muy alto.

Con relación a las diferencias entre especies perennes y anuales en los trópicos, la situación es muy semejante a la encontrada por Stebbins en 1950 para Gramíneas. En las especies perennes hay tendencia más marcadas para sistemas alógamos o mixtos, como puede ser observado en el Cuadro 1, mientras que la mayoría de la apomixia está concentrada en especies anuales. Además de las razones ya señaladas por Stebbins a este respecto, podemos también discutir algunas razones ecológicas.

Tanto en los trópicos como en la zona templada, existen diferencias marcadas entre condiciones microclimáticas forestales y de áreas más abiertas (Selleck & Shuppert, 1957; Lleras, 1977; Medri & Lleras, 1980). Bajo condiciones forestales, el microambiente es considerablemente más homogéneo que en áreas más abiertas adyacentes, y el mismo bosque actúa como un tampón ambiental. Hay pues, una cierta semejanza con lo que acontece al comparar los trópicos con la zona templada, pues las especies perennes, que se encuen-

tran generalmente en bosques, operan bajo condiciones menos variables que las que afectan a la mayoría de las anuales de áreas más abiertas. La variación diaria en temperatura y humedad es mucho menor en bosques que en las áreas adyacentes, y por lo menos durante algunos estadios de su vida, las especies forestales tropicales presentan fajas de tolerancia mucho más estrechas que las especies de áreas abiertas. Esto ha, inclusive, creado problemas de orden práctico en silvicultura. pues para muchas especies perennes tropicales es imposible mantener viveros a campo abierto en su misma región de ocurrencia, debido a la gran susceptibilidad de los estadios juveniles a variaciones microclimáticas.

Vemos pues, que los argumentos discutidos anteriormente para explicar la diferencia de variabilidad genética entre especies tropicales y de la zona templada o cosmopolitas, son también válidos para explicar las diferencias de énfasis en estrategias reproductivas entre especies anuales y perennes.

Aunque los datos expuestos en el Cuadro 1 son extremadamente pobres en relación a la enorme diversidad existente en los trópicos, considero que como una primera aproximación no son atípicos.

En base a los mismos, y a los argumentos expuestos aquí, podemos tal vez hacer algunas predicciones de lo que podemos esperar encontrar con relación a sistemas genéticos en especies perennes de Angiospermas tropicales.

1. La mayoría de las especies perennes tropicales deben ser predominantemente autógamias o de reproducción mixta (tipos A y B de Fryxell).
2. La apomixia, cuando está presente, deberá ser predominantemente facultativa y asociada con alogamia (tipo D de Fryxell); los casos de apomixia obligatoria (tipo G) serán o muy raros o inexistentes.
3. Aunque puede existir autogamia obligatoria (tipo C), esta será menos común que los dos tipos de reproducción anotado en el primer ítem, porque la homocigosis total hace que las plantas sean más vulnerables a modificaciones ambientales.
4. No se espera encontrar ninguna especie que tenga tipo de reproducción autógamapomíctico (tipo D) pues las ventajas conferidas por estos tipos son básicamente iguales (mayor ajuste y "fitness" a condiciones ambientales actuales a través de conservación de características genotípicas ya testadas).

V.- LITERATURA CITADA

- ABSY, M. L.; BEZERRA, E. B. & KERR, W.E. Plantas nectaríferas utilizadas por duas especies de *Melipona* da Amazonia. *Acta Amazónica* 10(2): 271-282. 1980.
- ALLARD, R.W. Population structure and sampling methods. In: *Genetic Resources in Plants* (Frankel, O.H. & Bennett, E. eds.). IBP. Blackwell Scientific Publications. Oxford p. 97-107. 1970.
- BALICK, M. J. *Jessenia bataua* and *Oenocarpus* species: native Amazonian palms as new sources of edible oil, In *New Sources of Fat and oils* (E.H. Poyde et al, eds.) American Oil Chemists Soc. pp 141-151. 181.
- BEARDMORE, J.A. Extinction, survival and genetic variation. In: *Genetics and Conservation* (C. Shonewald-Cox et al. eds). Benjamín/Cummings Publ. Co. Menlo Park. pp. 111-124, 1983.
- CAVALCANTE, P. B. *Fruteiras Comestíveis da Amazonia*, 3a. ed. INPA, Manaus, 170 p. 1976.

- CLEGG, M.T. & BROWN, A.H.D. The founding of plant populations In: Genetic and Conservation (C. Shonewald - Cox et al., eds). Benjamin/Cummings Publ. Co. Menlo Park, pp. 216—228. 1983.
- DARLINGTON, C.D. Taxonomic species and genetic systems. In: The New Systematics (J. Huxley, ed.). Clarendon Press., Oxford. pp. 137—160. 1940.
- DOBZANSKY, T. Genetics of the evolutionary process. Colombia Univ. Press. New York, 505 p. 1970.
- FALCAO, M.A. & LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do umari (*Pouraqueiba sericeau* Tulasne). Acta Amazonia 10(3): 445—462. 1980a.
- FALCAO, M.A. & LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). Acta Amazonica. 10(4): 711—724. 1980b.
- FALCAO, M.A. & LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade da sorva (*Couma utilis* Muell. Arg.) Acta Amazônica 11 (4): 729—741. 1981.
- FALCAO, M.A. & LLERAS, E. Aspectos fenológicos e de produtividade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng). Chum. y na região de Manaus. Acta Amazônica (in press).
- FALCAO, M.A., E. KERR, W.E. & CARREIRO, L.M.M. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq. Baillon). Acta Amazonica 11(2): 297—306. 1981a.
- FALCAO, M.A., LLERAS, E. & KERR, W.E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do pajurá (*Couepia bracteosa* Bentham) (Chrysobalanaceae). Acta Amazonica 11(3): 473—482. 1981b.
- FALCAO, M.A., LLERAS, E. & LEITE, A.M.C. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade da graviola (*Annona muricata* L.) na região de Manaus. Acta Amazônica 12(1): 27—32. 1982.
- FRANKEL, O.H., The place of management in conservation In: Genetics and conservation (Co. Shonewald - Cox et al., ed). Benjamin/Cummings Publ. Co. Menlo Park. pp. 1—14. 1983.
- FRANKEL, R. & GALUN, E. Pollination mechanism, reproduction and plant breeding. Springer - Verlag., Heidelberg, 281 p. 1977.
- FRYXELL, P.A. Mode of reproduction of higher plants. Bot. Rev. 23 (3): 135—231. 1957.
- GONDIM, C.J.E. Alguns aspectos de biologia reprodutiva do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). INPA, Manaus, Tesis de Maestria, 1978.
- HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation In: Genetic and conservation (Co. Shonewald - Cox et al., eds.). Benjamin/Cummings Publ. Co. Menlo Park. pp., 335—348.
- HOPKINS, H. C. Floral biology and pollination ecology of the neotropical species of *Parkia*. Jour. Ecology. 72: 1—23. 1984.
- HUXLEY, J. Evolution: the modern synthesis. Harper Row, New York, 645 p.
- JANZEN, D. H. Why mountain passes are higher in the tropics. Amer. Naturalist. 101 (919): 233—249. 1967.

- LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different micro-environmental conditions: a working hypothesis. *Acta Amazónica* 7 (4): 473-476. 1977.
- LLERAS, E., CORADIN, L. & HAY, J.D. Development of germplasm sampling strategies for tropical perennials: a proposal. Manuscrito dactilografado. 19p. 1984.
- MARSHAL, D.R. & BROWN, A.H.D. Optimum sampling strategies in genetic conservation In: *Plant genetic resources for today and tomorrow*. (Frankel, O.H. & HAWKES, J.G. eds) IPB2. Cambridge Univ. Press. London. pp. 53- 80. 1975.
- MARSHALL, D.R. & BROWN, A.H.D. Theory of forage plant collection. In: *Genetic resources of forage plants*. (McIvor, J.G. & Bray, R.A. eds). CSIRO. Vega Press, Blackburn pp. 135-148.
- MEDRI, M.E. & LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. *Acta Amazónica* 10(3) 463-493. 1980.
- MORA-URPI, J. El Pijibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) Manuscrito dactilografado. 92p. 1983
- PRANCE, G. T. & MORA, S.A. Lecythidaceae - Part I. The Actinomorphic - flowered new world Lecythidaceae. *Flora Neotropica monografia* No. 21. The New York Botanical Garden. New York. 263p. 1979.
- SELLECK, G.W. & SHUPPERT, K. Some aspects of microclimate. In: *A pine forest and adjacent prairie*. *Ecology*. 38: 650- 653. 1957.
- SCHONEWALD-COX, C. Questions posed by managers. Appendix 3 in: *Genetics and conservation* (C. Shonewald-Cox et al. eds). Benjamin/Cummings Publ. Co. Menlo Park, pp. 485-499. 1983.
- SMITH, B.W. Genetic evidence. In: *Vascular plant systematics* (Radford, A.E. et al, eds). Harper & Row. New York. pp. 259-268. 1974.
- STEBBINS, G.L. *Variation and evolution in plants*. Colombia Univ. Press. 643p. 1950.
- STEBBINS, G.L. *Variation and evolution in plants: progress during the past twenty years*. In: *Essays in evolution and genetics in honor of Theodosius Dobzansky* (Hecht, M.K. & Steere, W.C. eds). Appleton - Century - Crofts. New York. pp. 173-208. 1970.
- WEEB, C.J. & BAWA, K.S. Pollen dispersal by humming birds and butterflies. A comparative study of two lowland tropical plants. *Evolution* 37: 1258-1270, 1982

DOMESTICACION, AGRICULTURA Y RECURSOS GENETICOS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Dr. Eduardo Lleras (1)

I.- RESUMEN

El presente trabajo presenta una breve historia del proceso que dio origen a la domesticación y agricultura, trazando la historia de los recursos genéticos tanto silvestres como cultivados desde el neolítico. Se han hecho comparaciones de la situación en diversas etapas de la agricultura, en una tentativa de visualizar cuáles son las alternativas que tenemos para el futuro. Nótase, a través de la historia de la agricultura, un drenaje continuo de recursos genéticos silvestres, acompañado por una creciente variabilidad disponible en las especies cultivadas. En los últimos dos siglos, además de un aceleramiento drástico en la destrucción de recursos silvestres, ha habido una gran pérdida de la variabilidad cultivada. Son expuestas las posibles consecuencias de esta situación, y propuestas algunas alternativas para contribuir a solucionar el problema.

II.- INTRODUCCION

Para poder comprender la importancia de los recursos genéticos y su relación con el proceso de domesticación, es necesario entender primero algo sobre los procesos que dieron origen a la domesticación, agricultura, y selección.

Aunque es imposible indicar una fecha aún de manera aproximada, para los orígenes de la agricultura, el proceso que llevó a la misma debió iniciarse hace 9 a 10 mil años, culminando con la llamada "revolución del neolítico" hace aproximadamente 7,000 años (Hawkes, 1969; Flannery, 1969; Harlan, 1970 entre otros).

Las primeras evidencias arqueológicas de que disponemos actualmente que son más o menos confiables, resaltan dos grandes eventos: la emergencia de agricultura del complejo trigo—cebada en la Mesopotamia hace unos 9,000 años, y la domesticación de *Cucurbita mixta*, *Capsicum*, algodón y aguacate en Mesoamérica más o menos en la misma época (Flannery, 1969; Harlan, 1970). El examen de las series arqueológicas de Méjico y Mesopotamia evidencian que no hubo una repentina explosión agrícola; la introducción de la agricultura eficiente fue un proceso lento y gradual (Flannery, 1969; Leroi-Gourhan, 1969; Renfrew, 1969; Harlan, 1970). De hecho, tanto durante el período clásico del viejo mundo ($\pm 2,000$ AP) como en las civilizaciones del nuevo mundo de la misma época, los alimentos cultivados sólo constituían la mitad de la dieta vegetal (Harlan, 1970), y aún hoy persisten grupos étnicos que no practican agricultura o lo hacen de manera muy semejante a como era hecho en el neolítico.

(1) Especialista en Botánica Tropical, convenio IICA/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria—Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN). S.A.I.N. Parque Rural, Caixa Postal 10-2372, Brasilia, 70.000, DF. Brasil.

Aún cuando la revolución agrícola es el evento de mayor impulso en el desarrollo y evolución de la civilización actual, cabe preguntar por qué fue un evento tan relativamente tardío en la historia de la humanidad, y por qué hoy persisten pueblos enteros que no son agricultores.

El punto de vista generalmente aceptado de que la agricultura representó una mejora drástica en las condiciones de vida del hombre primitivo mejorando considerablemente la dieta, parece estar errado, como también parece ser erróneo el concepto de que la agricultura forjó (y por eso prosperó) una fuente más estable y segura de alimentos (Flannery, 1969). Esta visión está asociada al concepto de que todo tipo de avance tecnológico es condicionado por la presencia de un modo de vida sedentario que retire del hombre la preocupación básica por la búsqueda de alimento, y se apoya en el concepto generalizado de que el hombre neolítico pre-agrícola vivía en niveles de subsistencia muy bajos, generalmente pasando hambre.

Dos razones principales pueden ser discutidas para contradecir estas ideas. En primer lugar, evidencia reciente (Flannery, 1969) sugiere, que como ocurre en otras especies, existían controles ecológicos y de comportamiento innatos en las poblaciones humanas primitivas que las mantenían en tamaños que no llevaban a la degradación de los recursos disponibles. Por otro lado, la evidencia arqueológica (Flannery, 1969; Ucko & Dimbleby, 1969) y reciente sugiere que los "cazadores-recogedores" representan los grupos humanos que disponen de más tiempo para dedicarse a otras actividades que la simple supervivencia. Datos seriados de excavaciones arqueológicas en la Mesopotamia (Irán) indican que la dieta de los primitivos "cazadores-recogedores" era tan adecuada o mejor que la de generaciones posteriores dedicadas a la agricultura en diferentes grados, y considerablemente mejor y mucho más variada que la del campesino iraní actual. Estudios con grupos étnicos actuales, tales como los aborígenes del desierto del Kalahari, indican que con pocos días por semana (3 en el Kalahari) consiguen garantizar niveles calóricos adecuados (\pm 2,100 calorías diarias en el Kalahari), y considerablemente mejores que los de muchos grupos de pequeños agricultores (Flannery, 1969).

¿Cuáles son entonces las causas y orígenes de la agricultura si ésta no demuestra ventajas tan evidentes? Flannery (1969) destaca un evento que considera fundamental en el desarrollo de este proceso, y que intitula de "revolución de amplio espectro". Hace poco más de 20,000 años, en el paleolítico superior, comenzó una ampliación considerable de la dieta humana. Además de la caza de ungulados, dominante hasta entonces, hubo una introducción gradual de otros alimentos tales como peces, aves (especialmente acuáticas), tortugas, moluscos, cangrejos y tal vez algunos cereales. Esta mudanza de estrategia alimenticia fue acompañada por una mudanza tecnológica, que introdujo, entre otras cosas, la piedra de moler y el desarrollo de maneras de almacenar alimentos. Además de ser benéfica desde el punto de vista nutricional, esta "revolución" creó las condiciones técnicas para la domesticación y la agricultura.

Un segundo evento de singular importancia fue la gradual mudanza de un estilo de vida totalmente nómada por un tipo de vida más sedentario. Este proceso también debió ser gradual. De totalmente nómada, el hombre neolítico pasó a ser semi-sedentario, cubriendo un determinado territorio año tras año, cazando y recolectando. También en esta época debió comenzar la fijación diferencial de labores con relación a la alimentación, sexos y tamaño de tierras (Perrot, 1966 citado en Flannery, 1969). Este semisedentarismo posteriormente originó la vida totalmente sedentaria. No existen objeciones reales a una vida sedentaria basada en caza y recolección intensiva de otros recursos animales y vegetales, con tal que no haya degradación ambiental por exceso de población (Flannery, 1969).

Aunque hasta hace poco se pensaba que el proceso de domesticación tuvo su origen en las áreas de ocurrencia mayor de los ancestrales silvestres de las especies domesticadas, investigaciones recientes indican que esta premisa está errada. Los primeros en llamar la atención a esta situación fueron Harlan & Zohary (1966), alegando que en decenas de miles

de hectáreas, aún hoy es posible encontrar poblaciones idénticas a las encontradas en los cultivos actuales. Harlan (1967), utilizando una cizaña de pedernal, mostró, en una de estas poblaciones, que en una hora es posible recoger un kilo de trigo limpio, concluyendo que una familia de cosechadores experimentados puede cosechar, durante la época de maduración de los granos, una cantidad mayor de lo que puede consumir en un año (ca. 1 tonelada). Así tenemos que la fijación de un tipo de vida sedentario, debió ocurrir como consecuencia de un aumento de eficacia de la recolección de las especies silvestres, debido principalmente a la creciente dificultad de transporte de los alimentos (Flannery, 1969).

Con el aumento gradual de las poblaciones de estas áreas, hubieron presiones que causaron la migración de la población humana excedente en dirección a las áreas marginales de distribución de las plantas silvestres en cuestión, y la evidencia arqueológica indica que fue en estas zonas marginales donde aparecieron las primeras formas indiscutiblemente cultivadas. Flannery (1969) sostiene que las primeras tentativas agrícolas fueron esfuerzos de recriar, en las zonas marginales, densidades semejantes a las encontradas en los centros de mayor abundancia de las especies silvestres.

La agricultura primitiva no fue, en un principio, un sustituto completo para el tipo de vida anterior (caza y recolección sedentaria o semi-sedentaria) y sí un complemento. La diversificación de recursos a través de un "amplio espectro" alimenticio continuó a ser una estrategia básica de subsistencia (Flannery, 1969). Sin embargo, con la gradual expansión de las áreas cultivadas, inicialmente sin irrigación, y más tarde con irrigación primitiva, la flora y la fauna silvestres comenzó a ser marginalizada cada vez más. Esta primera expansión de la "frontera agrícola" tuvo como consecuencia una reducción relativamente rápida de la tierra disponible para lo que Flannery (1969) llama de "aprovechamiento más productivo" - una mezcla bien balanceada de caza, recolección y una agricultura rudimentaria. La figura 1, adaptada de Flannery (1969), presenta el probable impacto de la ocupación humana en la Mesopotamia.

Como puede observarse, en términos relativos, el efecto práctico de la agricultura en la región fue una drástica disminución de la tierra de primera calidad altamente productiva. En otras palabras, cuanto más avanzada la técnica agrícola, menor el área disponible en que la misma puede ser aplicada. Siendo que la progresiva sofisticación agrícola es el factor determinante que permite un aumento demográfico acelerado, lo que se puede concluir es que una población cada vez mayor depende de una área cada vez menor para su subsistencia (Flannery, 1969). Con la marginalización o desaparición de muchas especies, vino otra consecuencia de la agricultura. El "amplio espectro" alimenticio comenzó a estrecharse cada vez más. Los alimentos anteriormente disponibles comenzaron a desaparecer, y comenzó a crearse una dependencia en una gama bastante más reducida de especies.

En este contexto, Mangelsdorf (1966) anota que durante su historia, el hombre ha utilizado más de 3,000 especies vegetales. De estas, unas 150 han sido efectivamente cultivadas. Sin embargo, actualmente sólo 15 especies son básicamente responsables por la alimentación de la humanidad: cinco cereales (arroz, trigo, maíz, sorgo y cebada); tres raíces (papa, ñame y yuca); tres leguminosas (frijol, soya y maní) y dos arbóreas (coco y banana).

Vemos así que el desenvolvimiento de la agricultura tuvo una serie de consecuencias: 1) contribuyó a estrechar la diversidad de la base alimenticia humana a través de progresiva destrucción y marginalización de muchos recursos anteriormente disponibles; 2) en vez de ser una respuesta al "hambre de la humanidad", como anteriormente se pensó, probablemente fue una de las causas primarias de la misma, pues posibilitó un crecimiento demográfico drástico, reduciendo al mismo tiempo el área efectivamente involucrada en la sustentación de esa población y, 3) aumentó de manera gigantesca la productividad por hectárea. De estas tres consecuencias, la tercera es la base de la agricultura actual, y es, en sí, la gran ventaja de la agricultura sobre otras actividades del uso de la tierra. Sin embargo, como ya fue anotado, es aplicable a áreas cada vez menores.

Actualmente, está de moda culpar a la “revolución industrial” de los últimos dos siglos por todos los problemas de la humanidad, incluyendo la degradación del medio ambiente. Aunque ciertamente, la destrucción de los recursos naturales ha alcanzado niveles sin igual en los últimos 200 años, y especialmente en este siglo, no es un fenómeno nuevo. El proceso de degradación ambiental está ligado a toda la historia de la agricultura, en mayor o menor intensidad, y una gran parte de los recursos naturales ya estaban en franco proceso de degradación aún en épocas prehistóricas. Sin embargo, es ahora que hemos comenzado a entender lo que aconteció y está aconteciendo con esos recursos, y el peligro que corremos si no tomamos medidas urgentes para conservarlos y protegerlos.

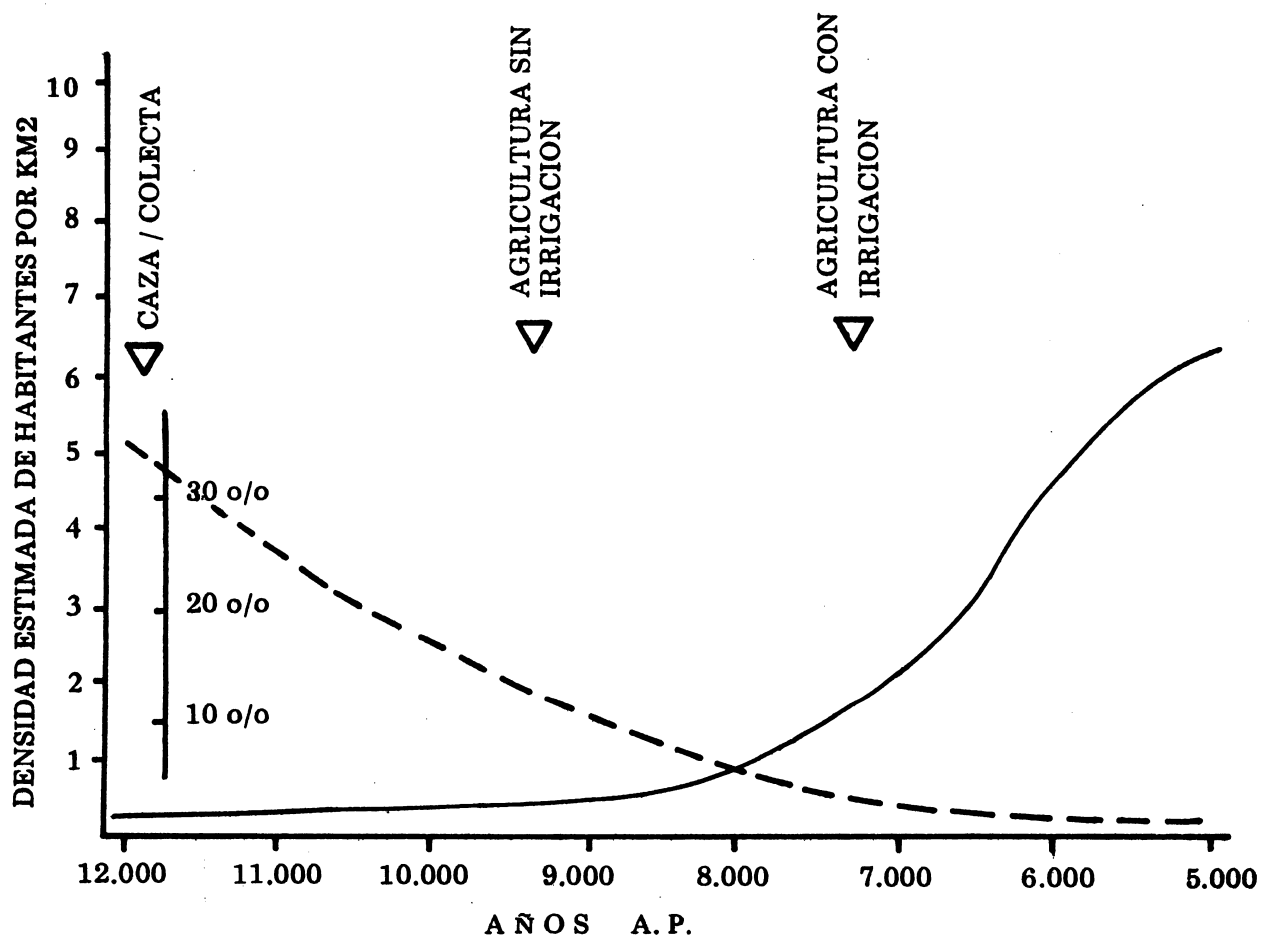


FIGURA 1.— Relación inversa entre crecimiento de la población y porcentaje de la superficie total de tierra en la cual el sistema de “aprovechamiento más productivo” podría ser aplicado en varias etapas, de la prehistoria Iraniana. Línea continua: densidad de población; Línea discontinua y porcentajes: porcentaje de tierra disponible para “aprovechamiento más productivo” (Modificado de Flannery, 1969).

III.— ESPECIES Y DOMESTICACION

En el transcurso de los últimos nueve mil años, muchas especies, que pertenecen a diversas familias botánicas y con diversos hábitos de crecimiento han sido total o parcialmente domesticadas. Sin embargo, algunas especies, que presentan algunos síndromas bien definidos, fueron las responsables de la aparición del concepto de domesticación y el origen de la agricultura.

Actualmente, conocemos algunas de las características que jugaron un papel decisivo en este proceso. Ecológicamente, los ancestrales de los primeros cultivos eran hierbas, es decir especies ó razas adaptadas a hábitats marginales o disturbados (Hawkes, 1969; Flannery, 1969; Harlan, 1970, entre otros). Eran, según Vavilov (citado por Hawkes, 1969) “oportunistas” que supieron aprovecharse de los disturbios causados por el hombre para “ofrecerse” para ser domesticadas.

En general, las especies o razas que ocupan áreas de “stress” ecológico presentan modificaciones especiales que les confiere una cierta tolerancia. Ciertamente, una característica marcante de estas especies es un oportunismo mayor que el de otras que crecen en condiciones mejores. La misma aspereza del medio, y principalmente la inseguridad de recurso, llevan a la evolución de una serie de caracteres tales como ciclo de vida, más corto, reservas alimenticias mayores, y tasas potenciales de evolución también mayores (esta última por la presencia mayor de “enjambres híbridos” en esas áreas).

Ciertamente, la presencia humana, especialmente con ocupación prolongada de ciertas áreas favoreció la expansión de estas especies. Esa misma ocupación comenzó a crear hábitats disturbados y ricos en nutrientes, por deposición de heces humanas y animales y acumulación de basura en general (la llamada hipótesis “de basurero” del origen de la agricultura).

Coincidentemente, las mismas características “oportunistas” de las plantas en cuestión (reservas alimenticias mayores, ciclos de vida más cortos), eran de gran atractivo para el hombre primitivo, pues le permitían tener a la mano plantas excepcionalmente atrayentes como fuentes de alimentos. En este contexto, Hawkes (1969) anota que al hombre primitivo le debió parecer casi milagrosa esta ocurrencia de las plantas más codiciadas —prácticamente a sus puertas— por eso la cantidad de leyendas sobre plantas como dádivas de los dioses comunes a todas las culturas.

Uno de los primeros pasos en el largo camino de la domesticación debió ser la fijación de una relación simbiótica hombre—planta, mutuamente benéfica para los dos. Una vez establecida una rutina eficiente de cosecha, por un proceso inconsciente de selección, hubo un ajuste gradual de las plantas a las necesidades y costumbres del hombre primitivo. Claro que como en cualquier tipo de simbiosis, debió también iniciarse un proceso de ajuste del hombre a la necesidad de las plantas, y puede considerarse que fue en ese momento, en que el hombre comenzó a interesarse conscientemente, de la que podemos hablar de domesticación rudimentaria. Hawkes (1969) propone tres fases en este proceso: 1) recolección y colonización—invasión de las áreas habitadas o disturbadas por las plantas recolectadas; 2) cosecha—aprovechamiento más metódico por parte del hombre, con fijación por selección inconsciente de mutaciones que permitían cosecha más fácil y eficiente; y, 3) plantío con preparación de la tierra y especialmente retención cuidadosa de semillas para el plantío posterior (domesticación propiamente dicha).

Aún dentro de las “hierbas” que procuraron asociarse con el hombre desde que éste se tornó sedentario, no todas participaron del proceso inicial de domesticación. La evidencia actual (Hawkes, 1969; Flannery, 1969; Harlan, 1970) indica 2 grandes líneas básicas de domesticación inicial. En el viejo mundo fue la domesticación de cereales, mientras que en las Américas el origen de la agricultura está asociado con la domesticación de raíces y tubérculos. Además de los cultivos primarios, muchas especies iniciaron el camino de la domestica-

ción como hierbas asociadas al cultivo de éstos. A medida que las áreas cultivadas fueron expandiéndose y encontrando otras condiciones ambientales, algunas de las especies acompañantes comenzaron a ser mejor adaptadas que el propio cultivo, llegando gradualmente a sustituirlo (Hawkes, 1969). Otras eran toleradas como acompañantes útiles del cultivo primario (por ejemplo, tomate plantado tradicionalmente en entre líneas con maíz). Aunque hay algunos datos de cultivo muy antiguo de algunas frutíferas (aguacate, citado anteriormente), el cultivo sistemático de especies frutíferas es bastante más reciente que el cultivo de cereales, raíces y tubérculos, y probablemente corresponde a una agricultura ya más estructurada.

No es posible hacer generalizaciones con relación al proceso de domesticación. Es una situación extremadamente variada, de una complejidad casi imposible de entender integralmente *a posteriori*, y estamos apenas comenzando a entender el proceso de manera muy rudimentaria. Cada especie es un caso particular, y es muy peligroso tentar aplicar criterios desenvueltos de un caso específico para otras especies, o aún para diversas regiones con la misma especie. Para muchas especies existen factores que complican aún más el problema. Muchas especies tuvieron domesticación difusa; es decir, fueron domesticadas más de una vez en lugares y épocas diferentes. Otras son originarias de dos o más especies ancestrales que fueron domesticadas y posteriormente se unieron (Harlan, 1970).

IV VARIABILIDAD GENÉTICA, SELECCION Y MEJORAMIENTO

Aunque en el siglo pasado era prevalente la idea de que el origen de la agricultura fue en las grandes planicies de la Mesopotamia, la evidencia, presentada inicialmente por Vavilov (citado por Flannery, 1969) de que el origen de la agricultura fue en áreas montañosas, es actualmente aceptada por casi todos. Una de las principales razones para esto es que la agricultura primitiva tuvo su origen en regiones donde no era necesario irrigar; la irrigación fue posterior, y marca el paso de la agricultura de las montañas a las planicies. Desde el punto de vista de variabilidad genética, este origen fue muy importante, pues desde el inicio propició una alta diversidad debido a la multitud de ambientes disponibles en regiones montañosas, y que aliado a la naturaleza inherentemente conservadora y sedentaria de los agricultores, llevó a la formación de inúmeras "razas locales" ("land races") adaptadas a condiciones locales y a las preferencias de cada agricultor. Otros factores que contribuyeron a ampliar la diversidad genética fueron las migraciones humanas en que "razas" o "formas" diferentes entraron en contacto, e igualmente la continua interacción de formas cultivadas con formas silvestres. Harlan (1970), discutiendo la relación entre material cultivado y silvestre, considera que muchos cultivos son verdaderas esponjas genéticas que a través del tiempo absorbieron gran variabilidad de formas silvestres, llegando en algunos casos, hasta el punto de eliminar las formas ancestrales (ej. maíz).

Como queda anotado, inicialmente el proceso de selección fue inconsciente, y es imposible determinar en qué punto pasó a ser consciente. Heiser (1981) indica, sin embargo, que no debió transcurrir mucho tiempo entre el inicio de la domesticación y la selección consciente por parte del hombre. En un comienzo, el proceso constituyó un ajuste entre hombre-planta-medio ambiente y comenzó a tomar definición con la fijación del proceso consciente de selección.

El mejoramiento por selección, o selección consciente, es sin duda uno de los avances en la historia de la agricultura, y por consiguiente en la historia de la humanidad. Es uno de los dos grandes pasos en fitomejoramiento, y durante milenios representó la base de la evolución de la agricultura. Aún hoy desempeña un papel fundamental en la agricultura, y su importancia no debe ser menospreciada.

Aunque, como ya fue discutido anteriormente, uno de los efectos de la agricultura fue la reducción considerable de la cantidad de especies utilizadas para la alimentación humana, a través del mejoramiento por selección, hubo una ampliación considerable de la

variabilidad genética de las especies cultivadas durante los últimos 7,000 años, formándose, según Harlan (1970) un verdadero mosaico de variabilidad para la gran mayoría de las especies cultivadas.

El segundo paso en mejoramiento vegetal, mejoramiento por cruzamiento o hibridación es mucho más reciente. Aunque existe evidencia de que hace más de 4,300 años ya se conocía la polinización artificial de datileras en Ur (Oudejans, 1976), esta situación representó un caso aislado que no tuvo aplicación en otras especies. La sexualidad en plantas, ya reportada hace más de 900 años por el moro español Ibn-al-Awwam, aún era objeto de serias discusiones hasta aproximadamente 1,700 (Barkley, 1974), y aún después de ser admitida universalmente no tuvo aplicación en selección hasta mediados del siglo pasado. Desde el punto de vista práctico, vino a tener importancia científicamente fundamentada, sólo después del redescubrimiento, a principios de este siglo, del trabajo pionero de Mendel (Heiser, 1981).

A pesar de ser tan reciente, el mejoramiento por cruzamiento es responsable de la segunda "revolución agrícola" que es una de las características mercantes de este siglo (nótese, sin embargo, que no sustituye al mejoramiento por selección, siendo apenas un complemento muy poderoso del mismo). Dentro de sus características más importantes, permite un direccionamiento genético a través del cruzamiento de linajes seleccionados, con el ahorro de una gran cantidad de tiempo en la obtención de material con las características deseadas. En segundo lugar, permite la homogenización más eficiente del material, lo que es fundamental en la agricultura moderna en gran escala.

Una de las consecuencias principales de esta segunda revolución agrícola es que ha llegado a la substitución más o menos rápida de la agricultura tradicional con su plétora de variabilidad genética, por sistemas agro-industriales con una base genética muy homogénea y cada vez más estrecha, con un aumento en productividad sin precedentes. Es pues, la segunda vez en la historia de la humanidad en que sacrificamos variabilidad por productividad.

Durante la primera "revolución agrícola" en el neolítico, el hombre redujo considerablemente el número de especies que lo alimentaban, llevando muchas de ellas a su marginalización o extinción. Aún hoy continúa ese proceso, y muchas especies domesticadas o semi-domesticadas, comunes hace pocos años en los mercados, están desapareciendo frente a la competencia con cultivos más difundidos y rentables. Esta primera fase de la agricultura fue, sin embargo, la generadora de una gran variabilidad genética en el material cultivado. La rápida expansión de cultivares mejorados durante la segunda "revolución agrícola" está amenazando seriamente esta variabilidad, sustituyendo razas locales ecológicamente adaptadas por material extremadamente homogéneo en relación a su origen, al mismo tiempo que amenaza acabar en pocos años con la flora y fauna silvestres que consiguieron sobrevivir en los últimos 7,000 años de agricultura. Estamos pues, en peligro de perder totalmente la posibilidad de ampliar nuevamente nuestra base alimenticia con la utilización o reutilización de otras especies, perdiendo al mismo tiempo los recursos genéticos obtenidos a través de 7,000 años de prácticas agrícolas tradicionales. No en vano Frankel & Bennett (1970) anota que la conservación de recursos genéticos es cuestión de sobrevivencia de la humanidad.

Estamos entrando en una tercera fase del proceso de mejoramiento vegetal que posiblemente iniciará una tercera "revolución agrícola". A través de manipulación genética, en un futuro no muy lejano estaremos en condiciones de "fabricar" plantas de acuerdo a especificaciones exactas. Sin embargo, para poder lograrlo, es necesario que exista variabilidad genética disponible y suficientemente amplia.

V. RECURSOS GENÉTICOS Y EL FUTURO

Aunque la importancia de los recursos genéticos comenzó a ser comprendida hace más de un siglo, debido principalmente a situaciones catastróficas como la ocurrida en Irlanda entre 1840 y 1850, cuando una epidemia de tizón (*Phytophthora infestans*) acabó con los cultivos de papa, y más de dos millones de personas murieron de hambre, solo fue en la tercera década de este siglo que Vavilov expuso el problema en toda su extensión. Aún así, pasaron más de treinta años hasta que se iniciase, a nivel mundial, una movilización de real impacto para remediar la situación.

Durante las dos últimas décadas han sido realizados muchos trabajos y muchas recolecciones de recursos genéticos tanto a nivel nacional como internacional, y se ha dado inicio a la creación de redes de bancos de germoplasma en diversos países. Sin embargo, una rápida revisión de la literatura y del acervo de esos bancos, permite notar que, casi sin excepción, la mayoría de los esfuerzos están dirigidos a especies cultivadas.

Para que podamos definir a dónde vamos en recursos genéticos, y qué debemos hacer para conseguir nuestras metas, debemos primero definir qué queremos, y qué tipo de vida pretendemos para generaciones futuras. Podemos, claro, optar por el camino actual, con pocas especies satisfaciendo prácticamente todas las necesidades, o podemos tentar volver atrás 9,000 años y ampliar la gama de especies disponibles.

Con pocas excepciones, la historia del presente siglo favorece la primera alternativa, pues aún hoy estamos perdiendo especies ya domesticadas ante la presión económica y social de cultivo más convencionales. En este caso, además de la continua degradación del ecosistema, debemos notar el peligro que se corre con la dependencia de monocultivos cada vez más exigentes cuando ocurren imprevistos con los mismos (Mangelsdorf, 1966; Esquinas Alcázar 1982), recordando siempre que plagas y enfermedades casi siempre evolucionan más rápidamente que los cultivos, y que condiciones ambientales adversas siempre afectan más a las variedades de amplia difusión que al material localmente adaptado.

En relación a la segunda opción, Heiser (1981, citando a De Candalle), anota que en tiempos históricos no fue domesticada ninguna especie básica para el sustento de la humanidad, y de hecho, en el último siglo sólo podemos citar dos especies que fueron domesticadas: la palma aceitera africana, y el caucho *Hevea* spp.), las dos de interés nítidamente industrial. Aunque no se pueda decir que no hay nadie realmente experto en domesticación, ni que exista una tradición a donde podamos recurrir, el notable éxito con estas especies y el estado actual de conocimiento permiten concluir que es posible abordar la domesticación de una especie con una expectativa razonable de tener resultados en plazos relativamente cortos.

No se trata, como podría pensarse, en pleitear que debemos volver a una sociedad pre-agrícola. Como se vio anteriormente, la presión demográfica humana era tan grande hace más de 5 000 años, que el proceso de dependencia de la agricultura ya era irreversible. Tampoco se puede postular al abandono de prácticas agrícolas modernas, pues nuestra dependencia de las mismas se tornó irreversible hace más de un siglo, y será necesaria una sofisticación cada vez mayor, ocupando áreas mayores, para alimentar una humanidad hambrienta y creciente. Se trata sí, de explorar paralelamente otras alternativas, introduciendo el cultivo de innumerables especies de gran potencial, actualmente marginadas y en peligro de extinción, y de comprender que ciertas regiones deben y tienen que ser conservadas como fuentes de variabilidad genética para asegurar el continuo progreso de la agricultura.

Es necesario comprender que la agricultura moderna no es apropiada a todo tipo de condiciones, como lo fue la agricultura tradicional. Aún existen alternativas no exploradas para la utilización de vastas áreas donde las mismas no son viables, o donde la agricultura ya causó grandes disturbios. Es posible domesticar muchas especies, que además de servir al hombre, sirvan también para recuperar estas áreas. De importancia aún mayor es la con-

servación de las áreas que Flannery (1969) llama de áreas primas o de "aprovechamiento más productivo" que aún existen. De modo general, las mismas no son ni serán nunca aprovechables para la agricultura intensiva, y solo podrán ser devastadas con la insistencia en utilizarlas para este fin. Son, eso sí, las últimas grandes reservas de recursos genéticos que aún nos restan, y de ellas puede depender eventualmente nuestra sobrevivencia.

Paradójicamente, las "áreas de aprovechamiento más productivo" que aún existen se han constituido en el gran reto de la agricultura, porque superficialmente vistas, no son productivas. Y, ciertamente, no lo son desde el punto de vista agrícola. No presentan, por hectárea la productividad ni la homogeneidad de los cultivos, y desde el punto de integración a los esquemas económicos son consideradas como de poco valor. Sin embargo, por lo menos en los trópicos, presentan la mayor productividad de biomasa de cualquier sistema, incluyendo los cultivos. El problema, pues, no es un problema de productividad, pero sí de direccionamiento de la misma para los fines considerados deseables por el hombre.

Existen otras razones para tentar diversificar. Si hasta este siglo la función casi exclusiva de la agricultura fue la de la alimentación, el drenaje continuo de recursos no renovables unido a la creciente demanda de una población en aumento, ha llevado a comprender que en un futuro no muy lejano, las plantas tendrán que suplir, entre otras cosas, una gama creciente de productos para la industria, y ser fuentes alternativas de energía. Aunque algunas de las especies cultivadas podrán suplir en parte estas demandas, las verdaderas respuestas están aún en estado "silvestre", y será necesario un gran esfuerzo para colocarlas a disposición de los agricultores. Muchas, probablemente la mayoría, no se conforman al síndrome tradicional asociado con domesticación y cultivo, pues ni están ofreciéndose para domesticación ni son parientes cercanas de especies ya domesticadas. De hecho, Hawkes (1969), en este contexto, anota que probablemente la mayoría de las plantas que se están "ofreciendo" actualmente para la domesticación no son de gran utilidad, pues las realmente útiles ya fueron domesticadas.

Muchas especies perennes tropicales, hasta ahora sin gran expresión económica, deberán merecer la atención de la investigación agrícola. Además de que muchas ya son utilizadas tradicionalmente de manera extractiva, presentan la ventaja de ser aparentes para cultivos mixtos. Sólo para citar algunos ejemplos de la Amazonía, calcúlase que existen más de 150 especies de frutíferas nativas de gran valor. Sesenta especies son consideradas como maderas de ley (sólo unas 12 son actualmente utilizadas), y se calcula que existen por lo menos 20 especies de palmas con gran potencial como fuentes de alimento o de aceites carburante o industrial. La mayoría de estas especies ya fueron utilizadas por el hombre dentro del concepto de "aprovechamiento más productivo". Sin embargo, durante este siglo muchas pasaron a ser ignoradas debido a la introducción de alternativas más convencionales. Además de las especies ya citadas, existen innumerables grupos de otras especies con potencial desconocido, que pueden llegar a desaparecer antes de poder ser rescatadas si no se toman medidas drásticas para conservarlas.

Aunque Harlam (1970) anota que no podemos darnos el lujo de perder ningún recurso genético, y podemos concordar con este postulado de manera idealista, debemos recordar que para la mayoría de las regiones en cuestión, se debe conservar la variabilidad genética que aún poseen, sin interferir con el desarrollo de las mismas (Frankel & Bennett, 1970). Tenemos pues, que aceptar que muchas regiones aún van a ser afectadas por la expansión de la frontera agrícola y otras actividades humanas, y que mucha variabilidad genética aún va a ser perdida. Indudablemente, muchas especies van a desaparecer, y no hay modo alguno de que lo podamos impedir totalmente. Sin embargo, hay mucho que puede ser hecho, y si actuamos de una manera coherente y rápida, podremos garantizar no sólo la sobrevivencia del hombre, sino también evitar la degradación total de los ecosistemas.

¿Cuáles son entonces las prioridades?? En primer lugar, es necesario definir las áreas de conservación permanente que son esenciales no sólo para la conservación del ecosistema, sino también porque presentan la mayor variabilidad genética posible. Aunque muchos países poseen sistemas de parques y reservas más o menos adecuados en área, muchas de las áreas protegidas no son de gran importancia en cuanto a variabilidad, y muchas de las áreas de mayor diversidad no están siendo conservadas. Para especies cultivadas y sus congéneres, los centros de origen y de diversidad primarios y secundarios, están bastante bien definidos gracias al trabajo pionero de Vavilov e investigadores más recientes. Sin embargo, sólo fue en la última década, que esfuerzos similares han sido intensificados para la vegetación nativa y el trabajo es aún incipiente. Es pues, necesario acelerar estos trabajos para que podamos definir claramente cuáles son las áreas que deben recibir especial atención para recolección y conservación.

Otro punto de fundamental importancia es el adecuado dimensionamiento de las áreas de conservación permanente. No basta la adecuada localización de las mismas; para garantizar la diversidad existente, es necesario que tengan tamaños adecuados, y en este punto existe una diferencia fundamental entre preservar simplemente el ecosistema y conservar su variabilidad genética. En recursos genéticos, es necesario pensar en la conservación de la variabilidad genética de poblaciones, y no sólo garantizar la sobrevivencia de especies. Trabajos recientes en este sentido (ver, por ejemplo, "Genetic and Conservation", Shonewald—Cox et al., eds. 193), indican que para conservar la identidad genética de poblaciones son necesarios tamaños efectivos de población del orden de diez veces mayores que para garantizar genéticamente la sobrevivencia de la especie. Vemos así, que muchas veces las "áreas mínimas" del biólogo y del ecólogo son menores que las del especialista en recursos genéticos.

El desarrollo de estrategias adecuadas de muestreo de recursos genéticos, especialmente para especies, perennes tropicales, es otra prioridad esencial. Las técnicas actuales fueron desarrolladas básicamente para la zona templada y con especies herbáceas cultivadas, con poblaciones relativamente bien definidas y probablemente bastante más homogéneas que las de la mayoría de las especies perennes tropicales. Los altos costos envueltos en la recolección y en la conservación de colecciones vivas de germoplasma, exigen que el material sea lo más representativo posible de la variabilidad genética, y que ocupe áreas relativamente pequeñas. Frankel (1983), entre otros, anota la necesidad de conocer la estructura y ecología de poblaciones, tan bien como la biología reproductiva de las mismas. Es, pues, necesario iniciar de inmediato el estudio de estos asuntos en especies piloto seleccionadas, para posteriormente poder inferir patrones aplicables a una amplia gama de especies, y así desenvolver técnicas aplicables a los trópicos en general.

Finalmente, es necesario iniciar de inmediato el levantamiento de las especies que presentan mayor potencial, evaluando su situación actual y las perspectivas futuras de aprovechamiento. La recolección y conservación de los recursos genéticos de las mismas deberá ser acompañada por investigaciones sobre modos de utilización, posibilidad de domesticación, y el probable impacto socio-económico de las diversas alternativas de aprovechamiento.

Ninguna de las prioridades anteriores puede ser considerada como independiente de las otras, o como más o menos importante. Todas forman parte de un conjunto, dentro de una política integrada de recursos genéticos, recordando siempre que la función básica de la misma no es conservación por conservar, y sí conservación para ofrecer alternativas para la humanidad.

VI LITERATURA CITADA

1. BARKLEY, T.M. History of taxonomy. In Vascular plant systematics (A.E. Radford, W.C. Dickison, J.R. Massey & C. R. Bell, eds.). Harper & Row, New York. pp. 13-34. 1974.
2. ESQUINAS ALCAZAR, J.T. Los recursos fitogenéticos. Una inversión segura para el futuro. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos / Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, 44 p. 1982.
3. FLANNERY, K.V. Origins and ecological effects of early domestication in Iran and the Near East. In: The domestication and exploitation of plants and animals (P.J. Ucko & G.W. Dimbleby, eds.). Gerald Duckworth & Co., London, pp. 73-102. 1969.
4. FRANKEL, O. H. The place of management in conservation. In: Genetics and conservation (C.M. Shonewald-Cox, S.M. Chambers, B. MacBryde & L. Thomas, eds.). Benjamin / Cummings Publ. Co., Menlo Park, pp. 1-14, 1983.
5. FRANKEL, O.H. & E. BENNETT. Genetic resources - Introduction. In: Genetic Resources in plants (O.H. Frankel & E. Bennett, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh. pp. 7-18. 1970.
6. HARLAN, J.R. A wild wheat harvest in Turkey. *Archaeology* 20(3): 197-201. 1967.
7. HARLAN, J.R. Evolution of cultivated plants. In: Genetic resources in plants (O.H. Frankel & E. Bennett, eds.). Blackwell scientific Publications, Oxford and Edinburgh. pp. 19-32. 1970.
8. HARLAN, J.R. & D. Zohary. Distribution of wild wheats and barley. *Science* 153: 1075-1080. 1966.
9. HAWKES, J.G. The ecological background of plant domestication. In: The domestication and exploitation of plants and animals (P. J. Ucko & G.W. Dimbleby, eds.). Gerarld Duckworth and Co., London. pp. 17-29. 1969.
10. HEISER, C.B. Seed to civilization The story of food. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 254 p. 1981.
11. LEROI-GOURHAN, A. Pollen grains of Gramineae and Cerealia from Shanidar and Zawi Chemi. In: The domestication and exploitation of plants and animals (P.J. Ucko & G.W. Dimbleby, ed.). Gerarld Duckworth and Co., London. pp. 143-148. 1969.
12. MANGELSDORF, P.C. Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. *Proc. Natl. Acad. Science* 56: 370-375. 1966.
13. OUDEJANS, J.H.M. Date palm. *Phoenix datylifera* (Palmae). In: Evolution of crop plants (N.W. Simmonds, ed.). Longman, London & New York, pp. 229-231. 1976.
14. RENFREW, J.W. The archaeological evidence for the domestication of plants: methods and problems. In: The domestication and exploitation of plants and animals. (P.J. Ucko & G.W. Dimbleby, ed.). Gerald Duckworth and Co., London. pp. 149-172. 1969.

15. SHONEWALD—COX, C.M., S.M. CHAMBERS, B. MACBRYDE & L. THOMAS, eds. Genetics and conservation. Benjamin / Cummings Publ. Co., Menlo Park. 722 p. 1983.
16. UCKO, P.J. & G.W. DIMBLEBY. Introduction: context and development of studies of domestication. In: The domestication and exploitation of plants and animals (P. J. Ucko & G.W. Dimbleby, eds.). Gerald Duckworth and Co., London. pp XVII—XXI. 1969.

PRINCIPIOS DE MEJORAMIENTO DE PLANTAS

Ing. Antonio Manrique Chávez (1)

I. INTRODUCCION

El mejoramiento es el proceso de separación de las mejores plantas de un grupo silvestre, para formar grupos de plantas útiles al hombre, proporcionar sus frutos - maderas o principios químicos. Este proceso va ligado a siembras en zonas y suelos apropiados, de acuerdo a una tecnología adecuada con el fin de obtener mayor cantidad de frutos, buena calidad de maderas y alta calidad de los compuestos bromatológicos y químicos. Por lo tanto, el mejoramiento de las plantas constituye un proceso acelerado de la evolución, creando nuevos grupos de plantas superiores dentro de cada especie, que son los diferentes cultivares comerciales que actualmente encontramos bajo cultivo o formando huertos altamente rentables, por su alta productividad y buena calidad; consecuentemente, irán paralelos los tipos de mejoramiento:

- a) Mejoramiento Genético.— Creación de nuevas poblaciones genéticas con carácter permanente.
- b) Mejoramiento Agronómico.— Acondicionamiento de las poblaciones varietales en condiciones agronómicas apropiadas, por lo tanto, su respuesta es temporal.

Luego cada individuo o planta que vemos, es la expresión de su componente genético cultivado en un ambiente dado, lo que constituye el fenotipo, el cual podemos representar como una ecuación lineal de efectos independientes y aditivos:

$$f = g + m, \text{ donde:}$$

f = fenotipo

g = genotipo

m = medio ambiente

II. FUENTES DE ORIGEN DE LA VARIACION

La expresión fenotípica de una planta, tiene su origen en el componente genético y el ambiental:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_M + \sigma^2_{GM}$$

(1) Ing. Agrónomo, M. S., Profesor Principal Dpto. Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Director del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.

A. Fuente de Variación Genética:

Componente genético: Cromosomas y Genes

Recombinación Genética.

III. PLANTAS DE REPRODUCCION SEXUAL:

Gametogénesis: Recombinación Mendeliana.

Flores: Unisexuales; Pistiladas o Estaminadas. Hermafroditas

Cuadro 1

a) Microesporogénesis: Microgametogénesis

1) Androceo: Estilos - Estambres: filamento y anteras

2) Antera - Célula (2n) madre del polen; por meiosis se tiene la recombinación genética, formando 2 microesporas haploides (n), la que va a formar la tetrada (4 microesporas haploides distintas) - Microgametogénesis: después de una o dos divisiones endomitóticas, se forman cuatro células gaméticas o granos de polen, que pueden ser:

— binucleados: 1 núcleo vegetativo
2 núcleo germinal

— trinucleados: 1 núcleo vegetativo
2 núcleos germinales

b) Macrosporogénesis: Macrogametogénesis.

1. Gineceo: Pistilos - Ovario - estilo - estigma.

2. Ovario: - Megaspóra diploide (2n) por meiosis: Recombinación genética; dando una macrospóra aploide + 3 cuerpos polares llamada, óvulo. Luego de 3 divisiones endomitóticas, se tienen 8 núcleos haploides: la cosfera, dos sinérgidas, tres antípodas y 2 núcleos fusionados o endospermáticos, constituyendo el saco embrionario.

c) Polinización: Puede ser:

— Autopolinización en plantas con flores hermafroditas: Autogamia, Plantas Autógamas: $\underline{AA} \rightarrow \underline{A}$ o/o ó $\underline{\varphi\varphi} \rightarrow \underline{a}$ o/o

— Alopolinización o cruzada en plantas con flores unisexuales:
 $\underline{Aa} \rightarrow 1/2 \underline{A}$ y $1/2 \underline{a}$

d) Doble fertilización o Fecundación:

— Germinación del grano de polen: tubo polínico.

— Fusión de los gametos masculinos y femeninos:

1. núcleo germinal del grano de polen + Oosfera = Embrión (2n)

2. Otro núcleo germinal del polen + 2 núcleos endospermáticos = endospermo (3n)

CUADRO I

RELACION DE LAS PRINCIPALES PLANTAS DE LA SELVA PERUANA DE IMPORTANCIA ECONOMICA

NOMBRE COMUN	GENERO: ESPECIE NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	FLOR	PLANTA	FERTILIZ. POLINIZA.	FRUTO	USOS
1 ARAZA	Psidium Cattleianum	Mirtácea	Hermafrod	Dico	Autog	Drupa	Frut. Comestible
2 CAMU-CAMU	Mircearia Paraensis	Mirtácea	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	Bayas	Frut. Comestible
3 HUMARI	Porqueriba Sericea	Icacinae	-	Dico	-	-	Fruto Comestible, Ace
4 PIJUAYO-PEJIVA- LLE	Bactrix Gasipae	Palmácea	Uni-Monóica	Palmera-Mono	Alog-Autog	Drupa	Frutos Alimenticios
5 AGUAJE	Maurítia spp (M. Blexuosa) (M. Unífera)	-	Uni-Monóica	Palmera-Mono Abanico	Alog-Autog	Drupa	Frutos Alimenticios
6 HUASAY-CHONTA- PALMITO	Euterpe Precatoria	-	Uni-Monóica	Palmera Mono	Alog-Autog	Drupa	Frutos-Yematerminal Madera
7 CASTAÑA	(Padira Insignis Castanea Vulgaris	Malvácea Copulífera	Hermafrod Uni-Monóica	Arbol-Dico Arbol-Mono	Autog Alog-Autog	Castaña Castaño	Almendras Comestibles Frutos-Madera
8 CAYMITO	Chrysohyllum Caimito	Sapotácea	Uni-Monóica	Arbol-Dico	Autog-Alogam	Drupa	Frutos Comestibles-Madera- Corteza-Hojas-Semillas.
9 GUARANA	Paulinia Cupana	Sapindácea	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	Drupa	Semillas-Tostadas y Pulverizadas Sustituyen al Café
10 COPOAZO	-	-	-	-	-	-	-
11 GUAYABA	Psidium Gajaba	Mirtácea	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	Bayas	Fruto
12 GUANABANA	Annona Muricata	Amonáceae	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	Polibaya	Fruto
13 CHIRIMOYA	Annona Cheremolla	Amonáceae	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	Polidrepa	Fruto
14 UVILLA-UBOS	Pourouma Ulei	Morácea	-	-	-	-	-
15 UBILLA- POUROUMA	Pourouma Cecnotelia	Morácea	Hermafrod	Arbol-Dico	Autog	-	-

e) **Formación de la Semilla: Frutos**

- Monocotiledoneas
- dicotiledoneas

f) **Autoincompatibilidad:**

No hay formación de semilla a pesar de tener las plantas gametos viables.

1) **Héteroestilia:**

Diestílicas: *Linum usitatissimum* y *Prinula vulgaris*

Triestílicas: género *Oxalis* y *Lythrum salicaria*

2) **Homoestílica: estilos y estambres a la misma altura**

— Gametofítica: Estudiada por East y Mangelsdorf en los géneros: *Nicotiana*, *Solanum* spp, *Prunus*, *Trifolium*, *Oenotera*.

La autoincompatibilidad está dada por la constitución genética del grano de polen y el tipo de alelo presente en el canal estilar. Casos de la serie multialélica $S^1 S^2 S^3 \dots S^n$. No hay dominancia.

En este grupo se encuentra también los tipos con acción complementaria de genes en: *Secale cereale*, *Festuca pratense*, *Beta vulgaris* y *Solanum*.

— Esporofítica: Fue descrita por Hughes y Babcock (1950) en *Crepis foetida* y por Gerstel (1950) en *Parthenium argentatum* y *Theobroma cacao*. La autoincompatibilidad está dada por el genotipo de esporofito del canal estilar. Serie multialelica $S^1 S^2 S^3 \dots S^n$. Hay dominancia.

3. **Esterilidad:**

No hay formación de semillas por presentar gametos no viables. La más importante es la androesterilidad y esta puede ser:

- Genética, Mendeliana y la
- Citoplasmática, estudiada por Rhoades en 1933 en una variedad de maíz peruano, transmitida maternalmente.
- Esterilidad citoplasmática masculina con restauradores genéticos; estudiada por Mangelsdorf, en una variedad de maíz Texas June, la cual viene siendo usada en la producción de semillas híbridas de maíz; también se han encontrado en calabazas, zanahorias, melón chino, sinibbeans, pimientos, cebollas, trigo, sorgo, etc.

IV. PLANTAS DE REPRODUCCION ASEXUAL:

a. **Por semillas: Apomixia:** Semillas con embriones con la misma constitución genética de la planta madre, sin intervención del gameto masculino, cuyo origen puede ser:

- 1) **Poliembrionia adventicia:** origen nuclear ($2n$)
- 2) **Aposporia:** origen de núcleos fusionados del saco embrionario ($2n$)
- 3) **Diplosporia:** origen de la megaspora no reducida ($2n$)
- 4) **Partenogenesis:** de la cosfera no fecundada: aploideo (n)

La polinización es necesaria para incentivar la formación del embrión y de la semilla.

b. Por porciones de órganos o tejidos de la planta:

- Estacas: esquejes - acodos
- Rizomas y Bulbos
- Yemas
- Tejidos: Cultivo de tejidos
- Injertos

c. Por mutaciones

- a. Somáticas: Quimeras: no heredables
- b. Genéticas: Heredables y pueden ser:

1) de punto: dominantes y recesivos

2) por arreglo cromosómicos: Aberraciones cromosómicas:

- Duplicación
- Delesión
- Translocación
- Inversión

3) Por cambio de número de cromosomas: Poliploidia:

- Serie Aneuploide o Polisómicos en uno o más cromosomas.
- Serie Euploide: todo el set cromosómico
- Autopoliploides
- Alopuliploides o Anfiploides.

V. FUENTE DE VARIACION AMBIENTAL

- Efecto de localidades: Suelos - manejo agronómico: Controlables.
- Efecto de años: Clima - temperatura: No controlables.
- Interacción Genotipo por Medio Ambiente.

Graficando estos efectos fenotípicos, tenemos: $f = g + m$

	e_1	e_2	e_m	Promedio
g_1	f_{11}	$f_{12} \dots$	f_{1m}	\bar{G}_1
g_2	f_{21}	$f_{22} \dots$	f_{2m}	\bar{G}_2
g_3	f_{31}	f_{32}	f_{3m}	\bar{G}_3
.
.
.
g_n	f_{n1}	f_{n2}	f_{nm}	\bar{G}_n
X	\bar{E}_1	\bar{E}_2	\bar{E}_m	u_p

u_p = Promedio fenotípico

G_n = Valor Genético

$G_n - u_p$ = Efecto Genético

Donde:

$$\sum_{n=1}^n gn = 0$$

E_m = Valor Ambiental

($E_m - \mu$) = Efecto Ambiental

donde:

$$\sum_{m=1}^m em = 0$$

Podemos determinar la Variancia fenotípica

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

Pero:

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I, \text{ y}$$

$$\sigma^2_E = \sigma^2_L + \sigma^2_A + \sigma^2_{LA}$$

Con estos efectos individuales aditivos, podemos calcular el grado de heredabilidad de una característica:

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_F}, \text{ pero}$$

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_g + \sigma^2_e}$$

donde:

en caracteres cualitativos: el efecto del medio ambiente es casi nulo ($\sigma^2_e = 0$) luego el valor de la heredabilidad es igual a 1

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_G + 0} = 1$$

En cambio en los caracteres cuantitativos, el medio ambiente tiene fuertes efectos, por lo tanto, el grado de heredabilidad tenderá a cero y su mejoramiento será difícil de manejar, tal es el caso del rendimiento. En todos estos casos se estará considerando la heredabilidad en el sentido más amplio, con la variabilidad genética total. Es más preciso este cálculo, si mediante diseños avanzados se determina la heredabilidad en base solamente de los efectos aditivos (σ^2_S), con la cual se podrá calcular la ganancia debido a la selección:

$$G_S = (\bar{X}_S - \bar{X}_0) H$$

donde:

$(\bar{X}_S - \bar{X}_0) =$ Diferencial de selección

H = Heredabilidad

VI METODOS DE MEJORAMIENTO DE PLANTAS

A. Autógamas

Bases genéticas: Mezcla de plantas homocigotas

Principios de Johansen

Mejoramiento por Hibridación: Recombinación: Herencia transgresiva

Especies:

Métodos: Cruzamiento
Selección genealógica individual

B. Alógamas:

Bases genéticas: Plantas heterocigotas

Principios de la heterosis

Ley del Equilibrio de Hardy-Weimberg

Frecuencia de genes

Sistemas de Apareamiento

Métodos:

Mejoramiento

Mejoramiento Intrapoblacional: Selección Masal

Mejoramiento Interpoblacional: Hibridación

Diversidad genética: Heterosis

Producción de Híbridos F1

C) Autógamas con alto grado de Alogamia

D) Plantas de Multiplicación Vegetativa:

a) Elección de Plantas Superiores

b) Selección Clonal

c) Mejoramiento por Hibridación

Especies:

Metodología:

VII MEJORAMIENTO MEDIANTE MUTACIONES

Mutaciones Espontáneas

Mutaciones Inducidas

Agentes mutagénicos: Químicos y Físicos

Especies aplicables:

Autógamas

Multiplicación Vegetativa

Metodología:

a) Dosimetría

b) Selección a partir de la M2

c) Identificación y estabilización a partir de la M3

VIII. PRODUCCION DE SEMILLAS COMERCIALES:

Semilla del Fitomejorador
Semilla Básica o Fundamental: Viveros
Semilla Comercial: Viveros
Manejo Forestal: Huertos
Híbridos: Plantas hembras x plantas polinizadoras
Recolección de Semillas
Procesamiento de Semillas
Conservación: Cámaras Frías
Análisis de Calidad: Laboratorios

o/o Humedad
o/o Viabilidad
o/o Impurezas
o/o Mezclas

IX BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD D. W. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. 1967.
2. ARBELAES, P. E. Plantas Utiles de Colombia. 1978.
3. ELLIOT, F. Mejoramiento de Plantas-Citogenética. 1967.
4. FERREYRA, Ramón. Sinópsis de la Flora Peruana: Gymnospermas y Monocotiledoneas Lima, Perú. 1979.
5. GUILLEN, L.J.E. Botánica: Morfología y Reproducción de las plantas vasculares. Lima, Perú. 1969.
6. LEON, J. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales.
7. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Tropical Legumes. Resources for the Future. 1979.
8. OCHLE, J. J. et al. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales.
9. SOUKUP, J. Vocabulario de los nombres vulgares de la Flora. Peruana. Colegio Salesiano. Lima, Perú. 1970.
10. WILLIAMS, W. Principios de Genética y Mejora de Plantas. 1965.

NUEVAS TECNICAS EN LA PROPAGACION, MANEJO Y CONSERVACION DE GERMOPLASMA

Dr. Miguel Moran Robles (1)

I. INTRODUCCION

Presentamos, bajo este nombre algunas líneas referentes a la aplicación de nuevas técnicas especialmente las microbiológicas, en la investigación y la tecnología agrícolas.

Estas técnicas —denominadas en su conjunto cultivo de tejidos vegetales “in vitro” — engloban varios aspectos, principalmente los de propagación asexual y sexual, los de manejo y los de conservación de germoplasma. Igualmente cubren otros, que, aunque todavía no tienen relevancia práctica en su aplicación, su investigación se encuentra muy avanzada, algunos de ellos son: la hibridación somática, la producción de nuevos genotipos inter e intraespecíficos, la aplicación biotecnológica, etc.

Es conveniente tener en consideración un principio básico de la célula viva—unidad estructural y funcional de la materia viviente—: el de totipotencia. La totipotencia celular ha permitido desarrollar un campo muy amplio de investigación y ha dado lugar al desarrollo experimental de disciplinas tales como la fisiología, la morfogénesis, la citogenética, etc. y la utilización del resultado de las respectivas experimentaciones en las ramas botánicas de la biología aplicada: la agronomía, la forestación, etc.

Estos resultados, logrados con la aplicación de cultivo de tejidos vegetales “in vitro”, constituyen en los países desarrollados la base de: la creación de nuevos tipos ornamentales (Holanda), el saneamiento de cultivares de manzano (Inglaterra), la propagación en masa de la fresa (Bélgica), la proliferación de orquídeas (Francia), la obtención de plantas nucelares en cítricos (Estados Unidos de Norteamérica), etc.

En el Perú, la utilización del cultivo “in vitro” ha sido aplicado en la propagación y proliferación de papa, yuca, camote, piña, fresa, violeta africana, etc. y esperando, en el caso de nuestra Universidad implementar también el Manejo y la Conservación de Germoplasma en breve plazo.

(1) Jefe de Laboratorio de Cultivos de Tejidos y Profesor de Genética Vegetal Avanzada y de Fitomejoramiento General de la Universidad Nacional Agraria, La Molina (UNA).
Lima-Perú.

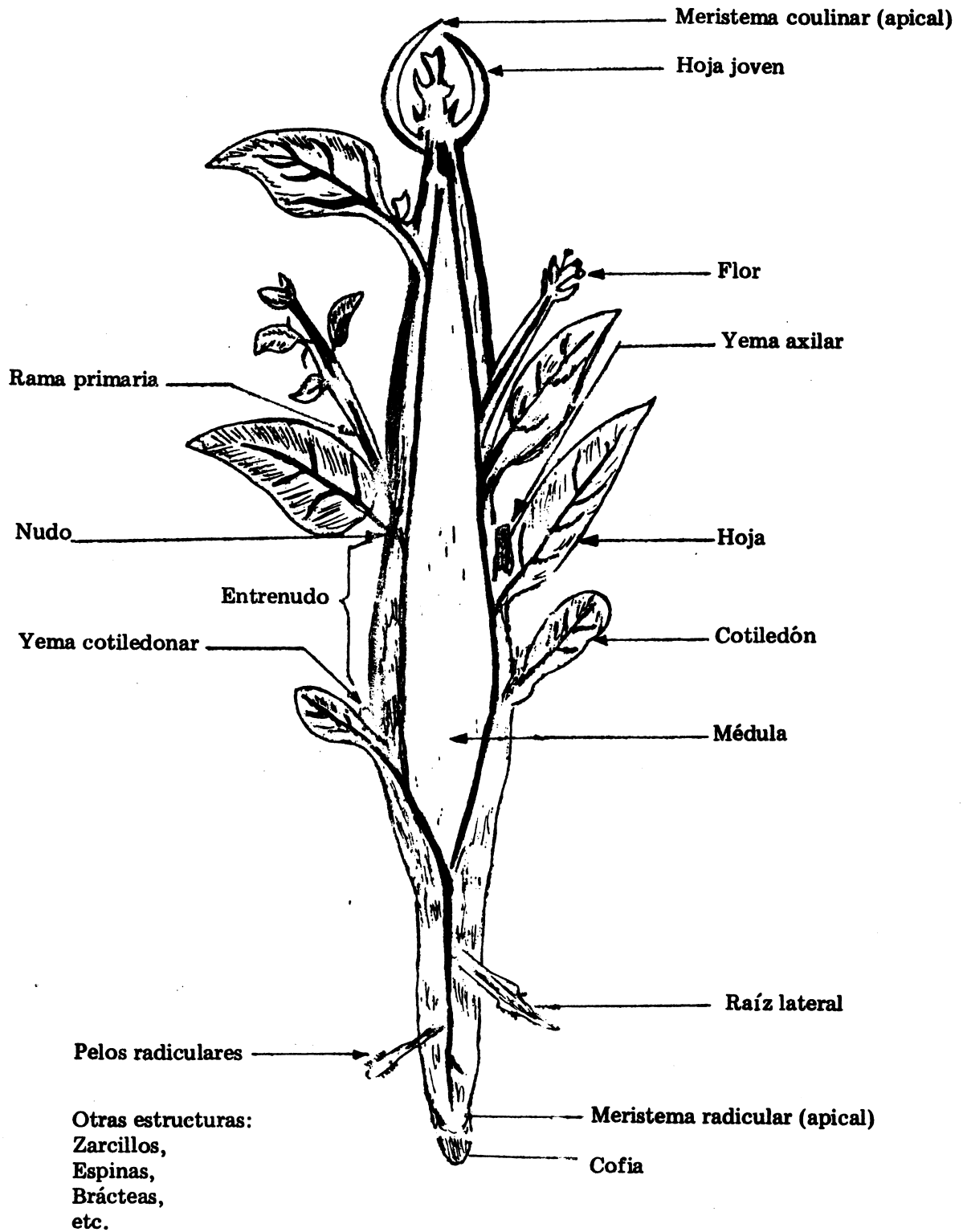


Fig. 1 - Esquema de una planta

II GENERALIDADES

Se conoce, de un modo general, como cultivos "in vitro" al conjunto de métodos y técnicas de laboratorio utilizadas en el estudio, propagación, manejo y conservación de células, tejidos, segmentos, órganos o individuos en condiciones artificiales, sea este animal o vegetal. En nuestro caso el interés principal son las especies vegetales y dentro de ellas, en esta ocasión, el cultivo de órganos y de anteras.

El cultivo de tejidos vegetales "in vitro" que comprende desde el nivel de organelos, pasando por el nivel celular, hasta llegar al conjunto de nuevos individuos posee en todos los casos ciertas pautas técnicas comunes tales como: el medio de cultivo, los procedimientos de esterilización, la manipulación aséptica, y la extracción de los explanta, la técnica de siembra y transferencia en cámaras estériles, la incubación de los explanta, el manejo y conservación de los órganos neoformados, el cultivo en medios líquidos, etc., así como la utilización de recipientes de capacidad, tipo y forma diversa, los medios del crecimiento del explanta, etc. Comenzaremos analizando estos factores:

A. El Medio de Cultivo.

La constitución del medio del cultivo está en relación a los requerimientos nutritivos del explanta. Los constituyentes básicos son: Los Macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, C, etc. Los Micronutrientes Fe, I, B, Mo, Mn, Cu, En, etc.

Ambos tipos de nutrientes son utilizados en forma de sales y la cantidad utilizada es variable. El carbón es provisto por medio de la adición de un azúcar: sacarosa, glucosa, etc. Este componente es indispensable debido a la incapacidad de los explanta de realizar un proceso fotosintético.

Las vitaminas tales como el ácido nicotínico, la piridoxina, la aneurina (tiamina), u otras y algunos aminoácidos, por ejemplo la cisteína y la glicina son agregados como reguladores del proceso metabólico.

Las hormonas, o reguladores del crecimiento, son agregados en tipo y, proporción sujetos al crecimiento o desarrollo o ambas que se desea obtener. Algunas veces para este fin se agregan sustancias de composición química no definida tales como el hidrolisato de caseína, la leche de coco, el jugo de algunos frutos por ejemplo de tomate, de maíz, etc. Otro componente obligado, en los medios sólidos es el agar, cuyo contenido en vitaminas y otros compuestos hace necesaria su purificación o la utilización de marcas de pureza comprobada.

Según los constituyentes, su cantidad varía de algunos gramos por litro(agar) hasta micromoles en casos de las vitaminas y hormonas. Es necesario para facilitar la preparación de los medios de cultivo, tener soluciones madres concentradas de los diferentes constituyentes. Las soluciones madres de los nutrientes minerales son bastante estables y pueden permanecer inalterables durante muchas semanas: en el caso de las vitaminas y otros nutrientes orgánicos, especialmente las hormonas, es mejor prepararlos semanalmente.

B. Los Procedimientos de esterilización.

Estos, para los medios de cultivo son físicos: el autoclavaje entre 115°C a 121°C durante 15 a 20 minutos es generalmente adecuado. Sin embargo, en algunos casos es necesario realizar la esterilización por filtración cuando intervienen compuestos termolábiles, ejemplos las hormonas, las vitaminas, etc. Esta situación se presenta al esterilizar cantidades grandes de medio.

La esterilización de material de vidrio puede hacerse al autoclave, al igual que el material metálico (pinzas, bisturís, etc.) el cual es envuelto en papel de aluminio, aunque también puede realizarse con alcohol etílico y pasaje al calor de la flama de un mechero.

El material vegetal luego de su lavaje en agua corriente y su segmentación, debe sufrir una pre-esterilización en alcohol de 70 o/o y posteriormente ser esterilizado en hipoclorito de calcio o en hipoclorito de sodio algunos minutos. Si se agrega saponina, dentro del baño esterilizante no es necesario pre-esterilizar. Luego hay que enjuagar los segmentos en agua destilada estéril —esterilizada al autoclave en el mismo momento que los medios— varias veces con el fin de eliminar los residuos del esterilizante, pues ellos pueden interferir en el medio de cultivo.

C. La siembra y la transferencia de los segmentos.

Deben realizarse en cámaras especiales portátiles, en cuartos especiales de siembra o en gabinetes de flujo laminar, en este último caso se trata de equipo con máquinas regulables para la impulsión de aire, el cual es filtrado a través de un filtro bactericida. Es un equipo costoso fabricado para utilización mono o bipersonal.

Los locales donde se encuentran ubicados los implementos de siembra y transferencia deben poseer lámparas de luz ultravioleta para esterilizar el ambiente antes de iniciar las labores.

D. La incubación de los cultivos

Se realiza en ambientes donde se puede controlar la duración e intensidad de la luz, la temperatura, la humedad, el volumen y la limpieza del aire, y debe poseer también lámparas germicidas tipo ultravioleta para esterilizar el ambiente.

Igualmente los recipientes utilizados deben contener sólo de 10 al 20 o/o de su volumen con el medio de cultivo, sea este sólido o líquido para permitir una buena aereación y espacio para el desarrollo del explanta.

En lo posible debe tratarse de poseer ambientes separados para los cultivos en medio líquido, debido a su fácil contaminación.

E. La evaluación del crecimiento.

Según se trate de segmentos, de células aisladas o de protoplastos, se sigue los lineamientos clásicos, tales como peso fresco, peso seco, etc., pero el peso seco significa eliminar una parte de los explantas periódicamente. El peso fresco tomando las precauciones correspondientes por el peligro de infección nos dá una medida aceptable de crecimiento. En el caso de células el conteo es una medida muy corriente y para ello es necesario utilizar porta objetos especiales de conteo, que son porta objetos con cuadrículas grabadas y cubre objetos, para lectura al microscopio óptico. Existen unidades de conteo con diversas medidas grabadas, de acuerdo al tamaño celular y a la posible cantidad de células. Una vez conocidos los valores de crecimiento se pueden graficar las curvas respectivas e interpretar la eficiencia de los diversos medios, o de los constituyentes, o de las condiciones de cultivo para así variar o continuar de acuerdo al programa de trabajo planteado.

En el caso de interesarse el desarrollo de los explanta debemos medir o el tipo de células producido, o el tipo de tejido, o el tipo de órgano ú órganos producidos, teniendo en cuenta cuál fue el material puesto en cultivo, y qué constituyentes tuvo el medio ó medios utilizados.

Existen otras pautas técnicas que son particulares a cada tipo de explanta en cultivo y cuya importancia las iremos observando a medida que avancemos este tópico.

III. CULTIVO DE ORGANOS

En primer lugar podríamos definir un órgano como una parte de la planta en la cual se localizan una o más funciones, a diferencia de los órganos animales estas estructuras no están claramente delimitadas. Los órganos a su vez están formados por tejidos y estos a su vez por células con diferentes grados de especialización.

Como Cultivo de Organos "in vitro" se denomina el conjunto de técnicas que tratan el cultivo de órganos completos (raíces, entrenudos, hojas, botones terminales ó axilares ó ambos, meristemas laterales y/o axilares, flores, frutos y estructuras especiales, zarcillos, brácteas, espinas, etc.) ó de segmentos de órganos. En este último caso estamos en presencia del cultivo de uno o varios tejidos que generarán masas celulares (callos).

Los iniciadores del cultivo de órganos "in vitro" fueron en la década de 1930-1940, Gautheret (1934) en Francia y White (1934) en Estados Unidos, promoviendo ambos el cultivo de raíces para estudiar problemas relacionados con la diferenciación. Posteriormente Gautheret (1937, 1938) White (1937) y Nobecourt (1937), trabajando separadamente, estudiaron las necesidades nutricionales de los tejidos en cultivo. Después de ellos diversos autores han tratado este tipo de cultivo motivados por diferentes problemas, principalmente de orden biológico básico; sin embargo todo este conjunto de técnicas pueden utilizarse también con un sentido práctico en la solución de diversos problemas de biología aplicada, notablemente en agricultura, entre ellos:

1. Propagación Vegetativa
2. Eliminación de enfermedades
3. Mejoramiento Vegetal
4. Conservación de Germoplasma

Sin embargo, existen diferentes puntos a tomar en consideración en el cultivo de órganos, independientemente de la finalidad del cultivo. Entre ellos podemos considerar:

A. Factores Pre-Cultivo

1. Valor Genético del Material

a.- Tipo de planta

Si bien es generalmente aceptada la totipotencia celular, la manifestación de este potencial está restringido a ciertas células. Gioelli (1938) y Gautheret (1941) han logrado mostrar este comportamiento en células pertenecientes a especies leñosas y herbáceas y Morel (1944) en células de una especie trepadora. Sin embargo, los modelos de desarrollo de las masas celulares son diferentes en cada caso (Gautheret, 1959).

b.- Elección del Explanta adecuado

Existen diferencias marcadas, si el cultivo se comienza con un órgano que posee un meristema primario (botón axilar, raíz) o si se comienza con segmentos que poseen un meristema secundario (segmentos de entrenudos, de hojas, de peciolo, etc.): En este último caso, aún el cambium secundario se presenta pocas veces en las hojas; es necesario, generalmente, una etapa de diferenciación celular y luego la etapa organogénica. En el caso de peciolo y zarcillos, los casos de organogénesis son mas difíciles de encontrar, sin embargo, Srinivasan y Mullins (1977) lograron la transformación "in vitro", de zarcillos de *Vitis vinífera*, en inflorescencias.

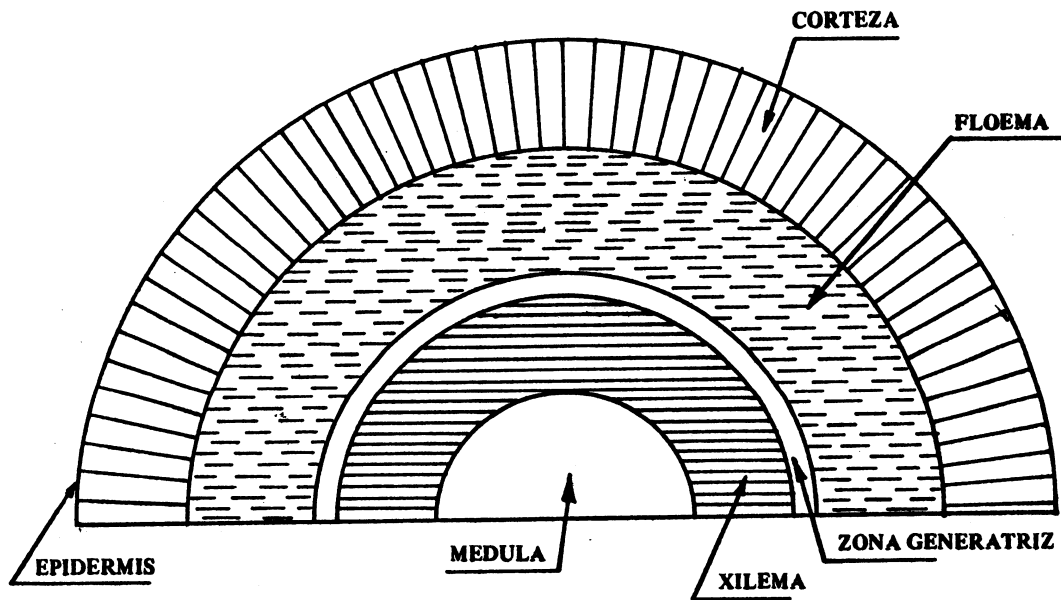
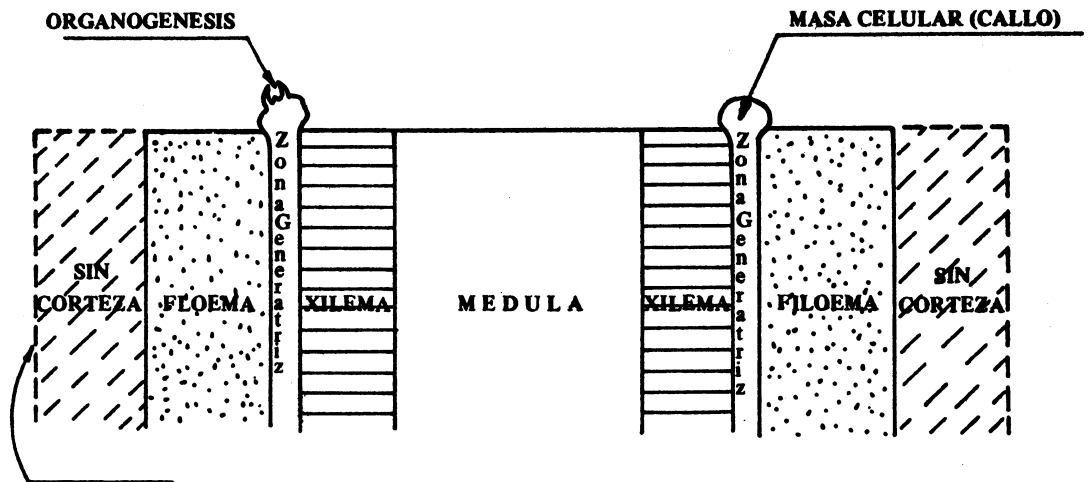


FIGURA 2

Esquema representando el desarrollo de una masa celular, en un segmento de una rama secundaria, en una especie arbórea.

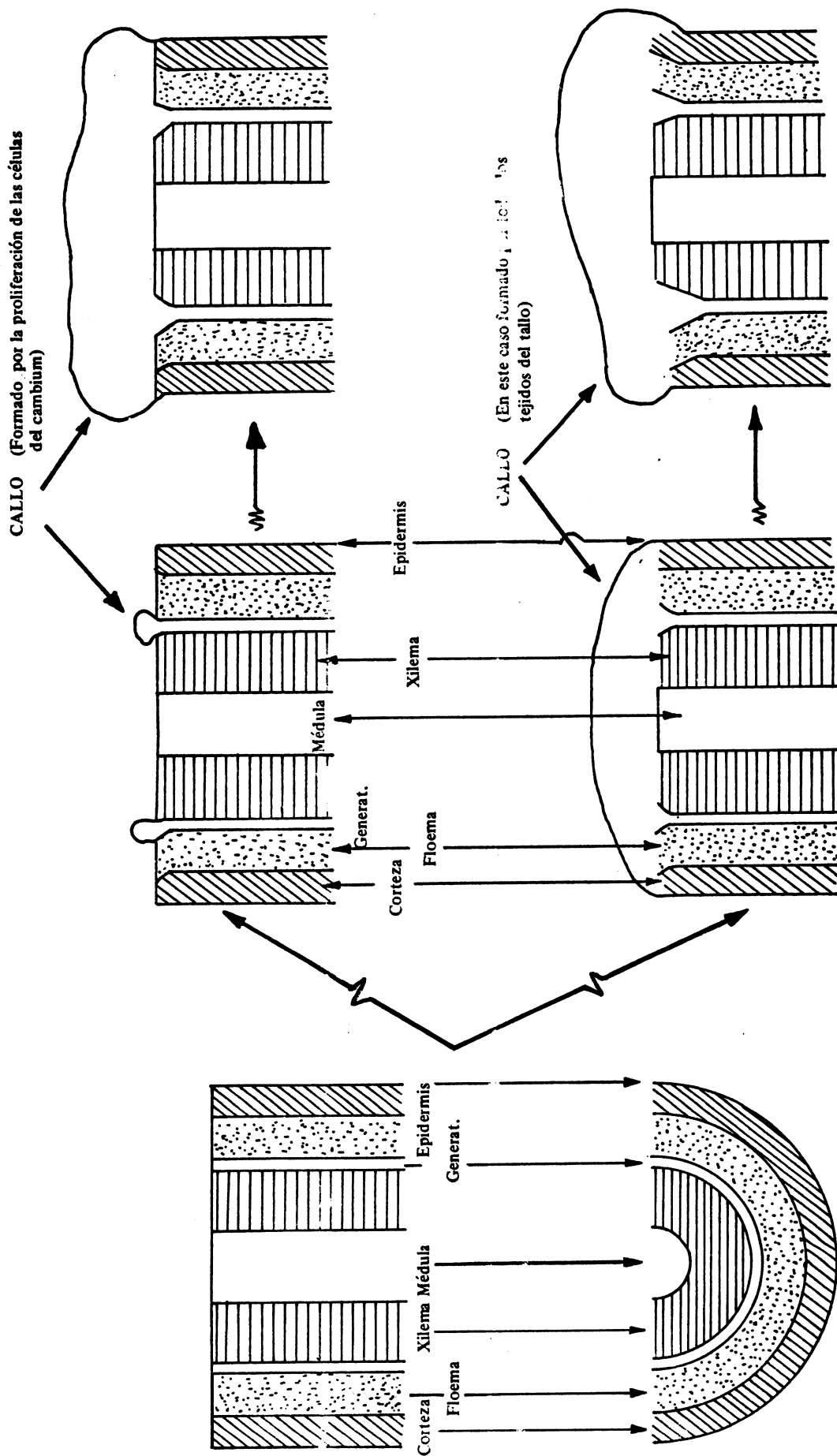


FIGURA 3
Esquema mostrando el desarrollo de una masa celular, en una Liana (*Vitis vinifera*) y en una planta herbácea (*Helianthus tuberosus*)

c.- Polaridad del desarrollo

La posición del explanta en cultivo es importante según la especie. En *Lilium sp.*, Ruiz (1977) encontró que la diferenciación de órganos y la regeneración de nuevas plantas se producían generalmente en la base de las escamas, disminuyendo a medida que el segmento era extraído cerca del ápice del bulbo. Gautheret (1941) estudió la polaridad de los tejidos de la raíz de endivia y encontró que mantenían una polaridad normal: la faz radicular producía raíces y la faz foliar producía tallos. Este proceso está relacionado con la finalidad del cultivo.

2. Estado del material vegetal

a.- Calidad de la planta utilizada

Es notorio que la utilización de plantas sanas y en buen estado de desarrollo contribuyen con órganos o segmentos de órganos aptos para el cultivo "in vitro". La utilización de plantas enfermas y/o débiles no permiten ni el establecimiento de un cultivo aséptico ni el buen crecimiento y desarrollo de los explanta.

b.- Edad del órgano

Generalmente, los órganos de plantas jóvenes producen un porcentaje más alto de regeneración de órganos y de plantas, que los órganos de plantas adultas, Bouzid (1975) y Morán (1978); sin embargo, existen especies en las cuales la formación de masas celulares (calogenesis) está en relación directa con las partes de más edad de las plantas. Morel (1948) encontró este fenómeno en *Vid.*

c.- Tamaño del explanta

A medida que el tamaño del segmento aumenta, se incrementa la posibilidad de contaminación ó de portar diversos parásitos, pero asimismo, el tamaño del explanta es crítico en algunos cultivos.

d.- Estación de extracción

En ciertas especies el comportamiento de los segmentos en cultivo varía de acuerdo a la estación de extracción de los explanta. Jacquot (1961) realizó experiencias en *Ulmus campestris* encontrando un comportamiento diferente en cuanto a velocidad de crecimiento según la estación de extracción del órgano. Esta característica es más notoria en especies con ciclos definidos de crecimiento y de latencia, como los frutales de hoja caduca.

B. Factores durante el cultivo

1. DE MANIPULACION

- a.- Establecimiento del cultivo
- b.- Medio de Cultivo
- c.- Sustancia de Crecimiento
- d.- Sanidad

2. FISICOS

- a.- Temperatura
- b.- Luz
- c.- Humedad Relativa

3. DEL PROPAGULO

- a.- Multiplicación del Propágulo
- b.- Sanidad
- c.- Posibles Variaciones en Cultivo.

C. Factores post-cultivo

1. TRANSFERENCIA AL INVERNADERO
2. TRANSFERENCIA AL CAMPO

IV CULTIVO DE ANTERAS

Los primeros en encontrar y describir una especie haploide (n) fueron Blakeslee, Belling, Farnham y Bergner (1922); este esporofito haploide correspondió a *Datura stramonium* y era un mutante, Blakeslee y Belling en comentarios posteriores (1924) afirmaron que "los haploides" proveían un nuevo y veloz método para convertir un material heterogéneo en una línea pura. Wettstein en 1937 e Ivanov en 1938 (Melchers 1972) publicaron la relación de 33 especies que producían esporifitos haploides. Posteriormente, Chase (1949) informó sobre diversas frecuencias de aparición de monoploides (x) en híbridos dobles, comerciales, de maíz y especulaba sobre la obtención, en cantidad suficiente, de gametos que desarrollaran directamente monoploides para realizar el doblado del número de cromosomas y obtener plantas suficientemente fértiles, que aseguren una buena producción de semilla, para ser utilizada en programas de mejora genética.

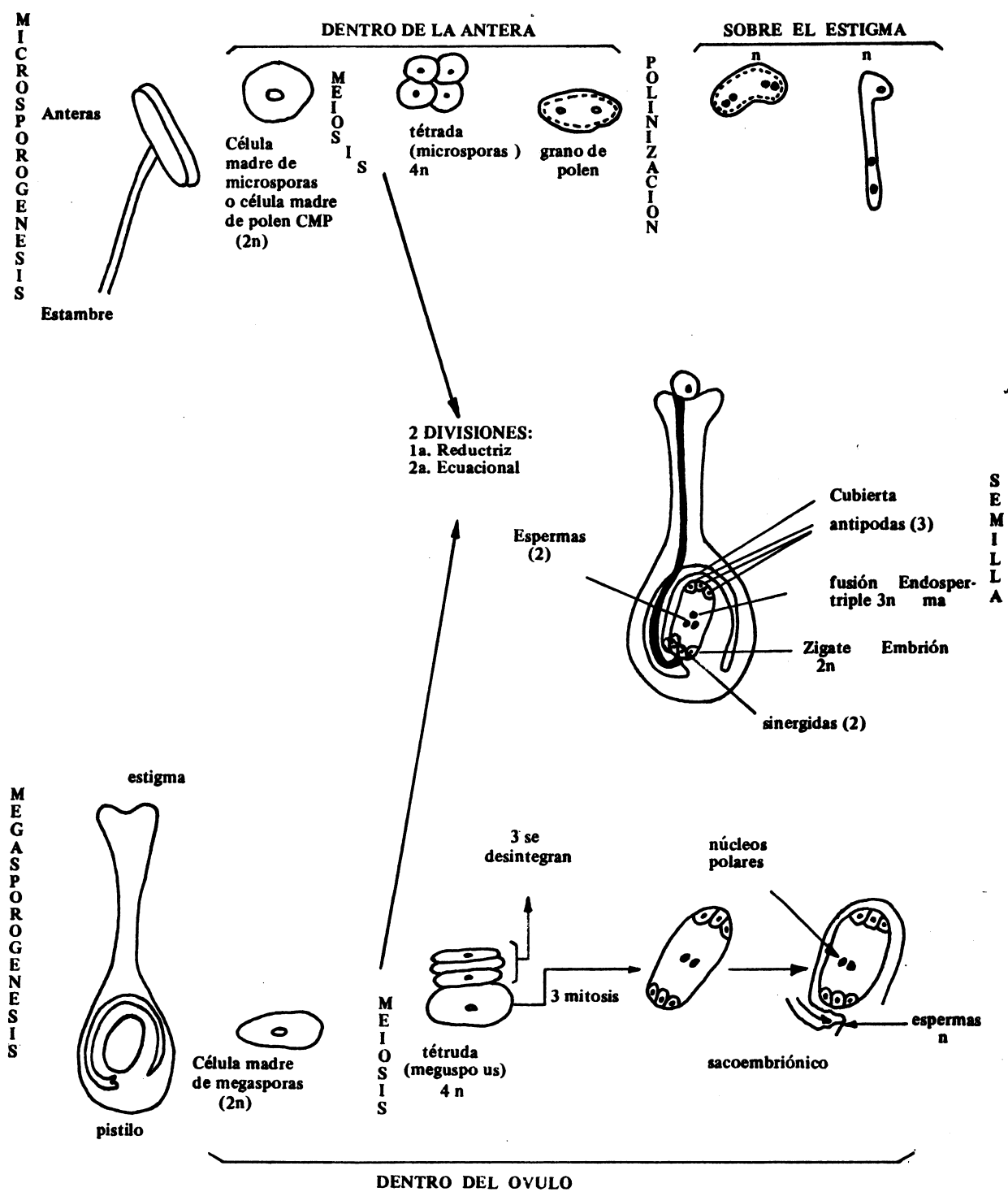
Sin embargo, hasta ese momento, la obtención de esporofitos haploides sólo había sido observada "in vivo". Las primeras observaciones sobre la proliferación de células en los gametofitos masculinos fueron hechas por la Ru (Gautheret, 1959), trabajando en *Zamia floridiana* y *Taxus cuspidata*. Este tipo de observación fué realizado también por Tuleche (1953), en *Ginkgo Biloba*; este autor concluía que estas proliferaciones podían conducir a un verdadero cultivo de tejidos. Estos dos autores realizaron sus observaciones en plantas de la Subdivisión Gymnospermae.

En 1955 Sparrow, Pond y Kojan (Thomas y Davey, 1975) al realizar el cultivo de anteras en *Trillium erectum* estudiaron el proceso meiótico, demostrando que los microsporocitos en paquiteno, diploteno y diacinesis de la profase meiótica desarrollaban, dentro de las anteras en cultivo, fases aún más avanzadas que el estadio bicelular. Estos microsporocitos, in vitro, no seguían el patrón de desarrollo normal que se obtiene en la polinización y fecundación del cigote en la formación de la semilla.

Durante la microsporogénesis normalmente las microsporas, unicelulares, tienen una mitosis asimétrica dando origen a dos núcleos, uno vegetativo, y otro generativo; luego este último se divide nuevamente y da origen a dos gametos (espermias), mientras que el núcleo vegetativo no se divide posteriormente.

El comportamiento anormal, en *Trillium*, llevó a contemplar las diversas posibilidades de obtención de haploides en los Vegetales Superiores (Haplodiplontes).

Los casos más factibles a considerar eran la parte ogénesis (ginogénesis) y el cultivo de anteras. Esta última técnica y los procesos "irregulares" observados en *Trillium erectum*



Adaptado de J.M. Poehiman (1965) Mejoramiento Genético de las Cosechas

FIGURA 4
 PROCESOS EN LA FORMACION DE UNA SEMILLA.

condujeron a Guha y Maheshwari (1964) a la obtención de embrioides haploides y su posterior desarrollo en plántulas, en otra angiosperma, *Datura innoxia*.

Sin embargo, el cultivo de anteras ofrece un margen de inseguridad, en cuanto a la ploidia de la planta, estando dada la posibilidad de formación del nuevo individuo a partir de la pared de la antera. Este problema fué eliminado por Kameya e Hinata (1970) y por Nitsch (1972) quienes realizaron el cultivo de granos de polen aislados, en *Brassica* y *Nicotiana tabacum* respectivamente. Nitsch mostró que las microsporas contenidas al estado de tétrada, dentro de la Célula Madre de polen, ni el polen maduro podían dar origen a plantas; sólo trabajando con *Nicotiana tabacum* pudieron obtener plantas con las microsporas en esos dos estadios. Nitsch y Norreel (1972) determinaron que el tratamiento de botones florales, a bajas temperaturas incrementaba el número de microsporas que se desarrollaban en embrioides e igualmente Nitsch (1974) determinó diversos factores nutricionales que contribuían al desarrollo de los embrioides haploides.

El desarrollo de las microsporas en cultivo puede seguir varios patrones.

Sunderland (1974) ha estudiado la morfología del desarrollo de estructuras multicelulares "in vitro" y sugiere dos tipos de desarrollo.

El primero, luego de la formación de los núcleos generativo y vegetativo, es la continuación de divisiones de éste para formar una estructura multicelular: el embriode.

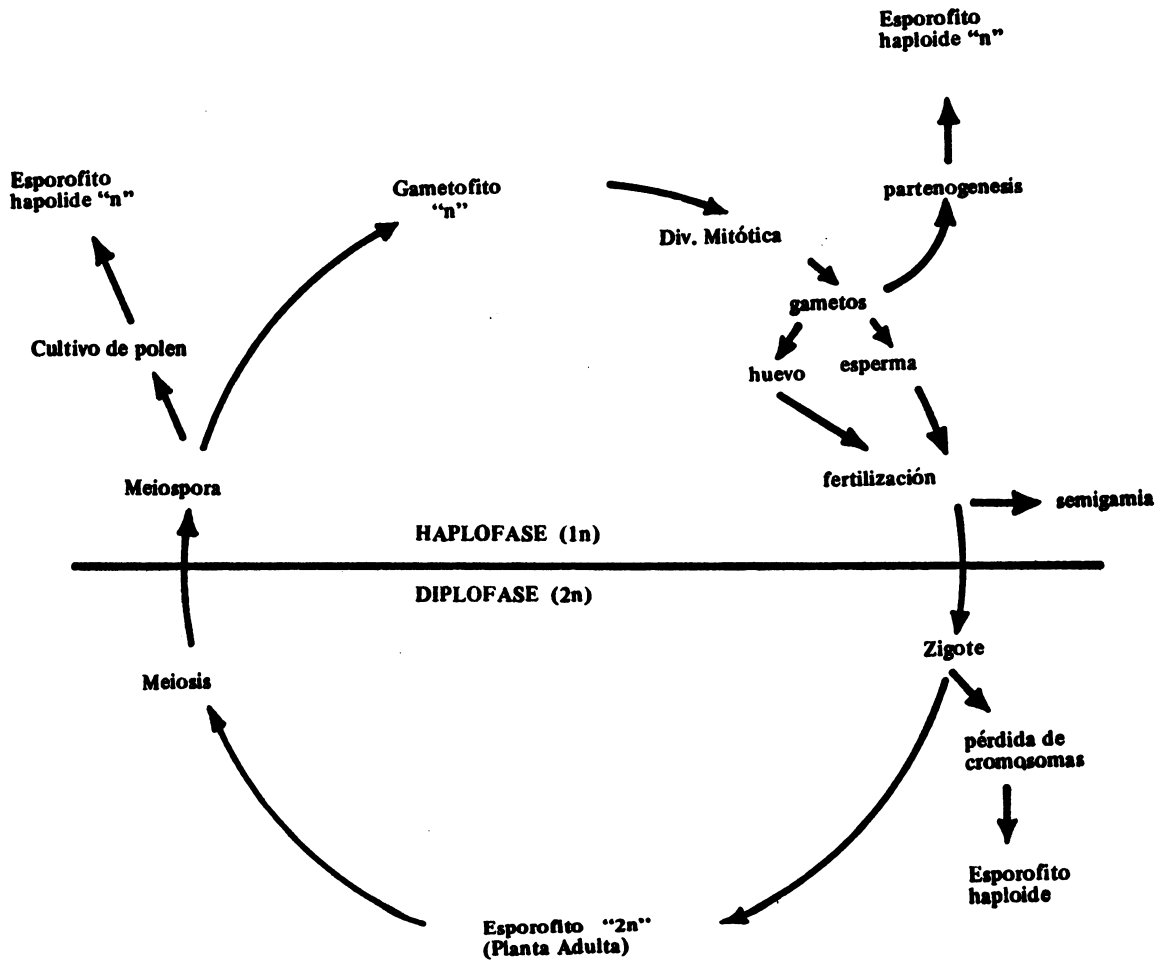
En el segundo caso ambos núcleos continuarán una serie de división simétrica de los núcleos, en este caso las divisiones siguientes darían una masa celular sin identificación del núcleo original. Este fenómeno ha sido observado en *Atropa*, *Datura*, *Nicotiana*, *Secale* y en otros géneros. En *Triticale* este último caso es seguido inicialmente, pero sólo uno de los núcleos continúa las divisiones sin formación de pared celular, eventualmente el otro núcleo comienza a dividirse y repele la masa inicial hacia un costado de la microspora. Cuando la pared se rompe la masa inicialmente formada se desintegra dentro de la antera.

En otros géneros se producen callos (no embrioides) *Brassica oleracea*, *Hordeum*; el callo (masa celular) representa el estado globular en embriogénesis, presentándose luego el estadio de corazón, luego el estadio torpedo y posteriormente el estadio cotiledonar. Ambos tipos, embrioides y callos se producen en algunos géneros (*Oryza*).

El tomate (*Solanum Lycopersicum*) es difícil regenerar plantas a partir de callos haploides.

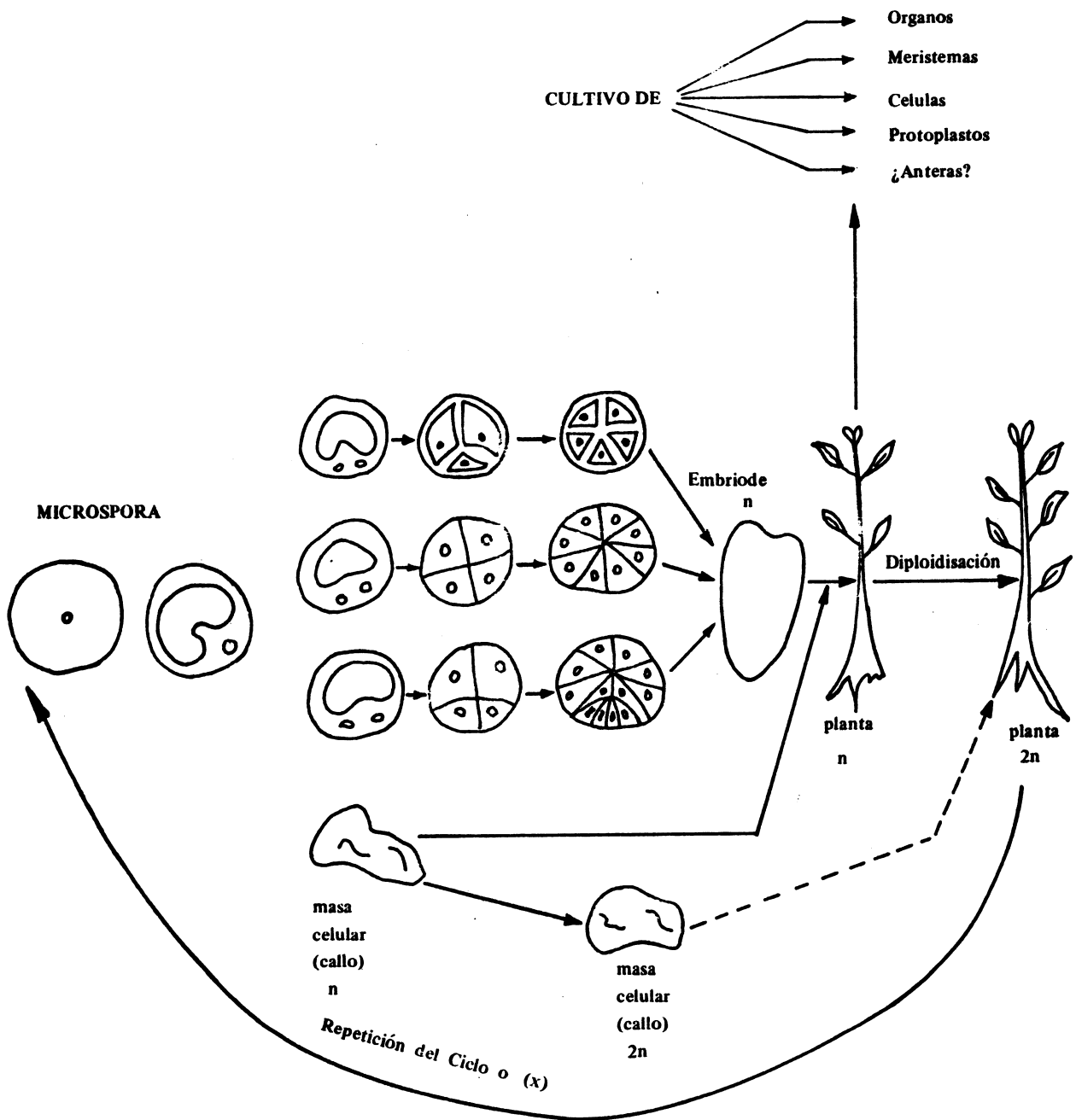
Entre los factores que afectan el desarrollo de las microsporas en cultivo podemos mencionar:

Genético:	Especie, Cultivar, Posición del botón floral.
Fisiológico:	Estado de desarrollo de la microsporas. Nutrición (Medio de Cultivo) Reguladores de Crecimiento
Físicos:	Temperatura Luz Humedad Relativa.
Químicos:	Colchicina (En relación con la técnica) P. fluorofenilamina
Interacción de factores	Temperatura, luz y Medio Nutritivo, etc.



Tomado de K. J. Kasha (1974) "Haploide from somatic cells" in Maploide in Higher Plants, Advances and Potential

FIGURA 5
CICLO DE VIDA EN VEGETALES SUPERIORES. ORIGENES DE ESPOROFITOS HAPLOIDES



Adoptado de P. Debergh (1973) Tesis Doctoral Universidad Real de Gante Bélgica

FIGURA 6

Cultivo in vitro. Tipos de desarrollo de la Microspora.

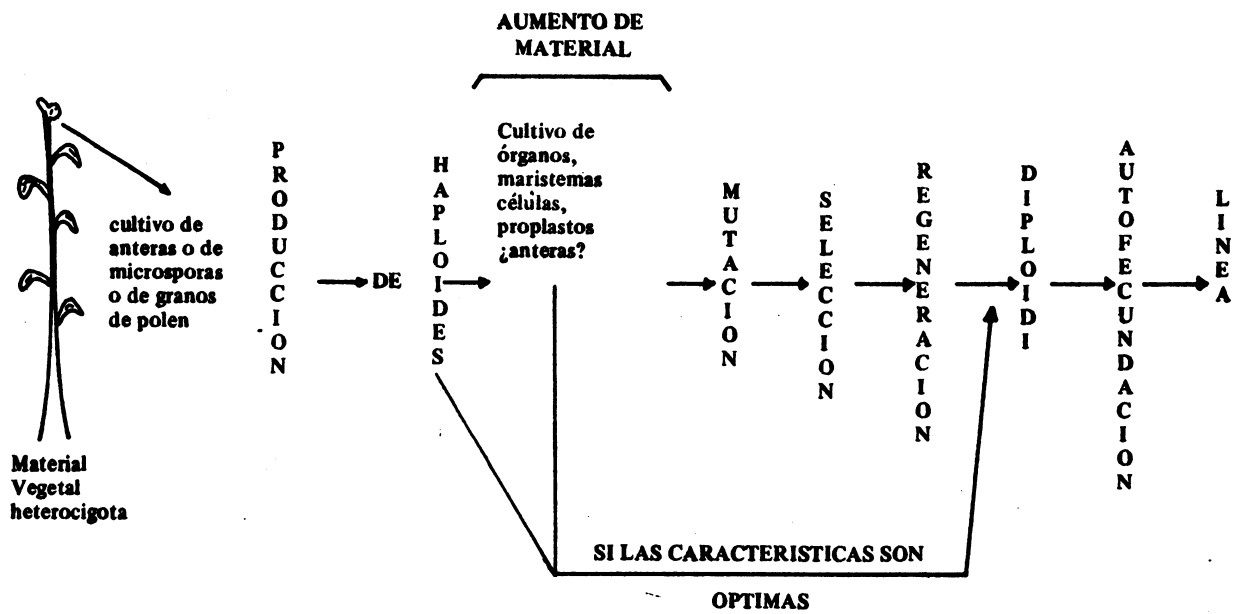


FIGURA 7

UTILIZACION DE HAPLOIDES EN MEJORAMIENTO, UTILIZANDO TECNICAS "IN VITRO" (POSIBILIDAD)

V. MANEJO Y CONSERVACION

En estas áreas, el cultivo de tejidos vegetales "in vitro", representa un útil e importante trabajo; principalmente en especies cuyo modo de propagación habitual es por vía vegetativa y en aquellas, que aunque su modo de propagación habitual es por vía sexual, su semilla es de tipo "Recalcitrante". Withers (1982) señala que con estas técnicas nuevas se puede seguir dos procedimientos, luego de iniciar el cultivo "in vitro" en dichas especies:

- Almacenar el germoplasma en crecimiento "lento"
- Mantenerlo en estado de "suspensión animada"
- El almacenamiento posee como desventaja principal la inestabilidad del germoplasma debido a la posible variación genética durante el cultivo. Que tiene como origen la mixoploidía del material vegetal original y las distintas fases a seguir desde el inicio del cultivo y sus respectivas transferencias.

Hay que tener en cuenta que las posibilidades de variación aumentan a medida que el almacenamiento se hace mas prolongado. Sin embargo se puede llegar a estabilizar los cultivos, si se escoge cuidadosamente el material vegetal y el medio de cultivo.

- En el caso de "suspensión animada" la única fuente de variación está constituida por alguna rotación que se haya producido antes del inicio del cultivo. En este caso la técnica de conservación utiliza temperaturas muy bajas.

- El almacenamiento en "crecimiento lento" es conveniente en el cultivo de órganos especialmente de meristemas. En este último caso se tiene también la seguridad de poseer plantas libres de virus.

- El mantenimiento en "suspensión animada" se utiliza generalmente en cultivo de células en suspensión. Las masas celulares (callos) se pueden conservar muy bien a temperaturas bajas. Se utiliza en ambos casos, protección química antes del ultra enfriado. Existen dos modalidades de utilizar las temperaturas bajas: la de enfriado rápido que causa la formación de hielo dentro de las células, la de enfriado lento que origina la formación de hielo fuera de la célula. Se utiliza en ambos casos protección química antes del ultraenfriado y hay que realizar tratamientos post-enfriado.

La tendencia actual es utilizar la "suspensión animada" para especies en las que se requiere conservación durante mucho tiempo y también para el intercambio de germoplasma, y utilizar el "crecimiento lento" para conservación a corto plazo.

El desarrollo de ambos procedimientos podría servir también para conservar especies cuya pérdida de poder germinativo es rápida, por ejemplo algunas especies de la familia *Palmaceae*.

En especies que poseen semillas de tipo "Recalcitrante" se puede realizar el cultivo de embriones y preservar a éste. Sin embargo, es conveniente anotar que el embrión es una de las estructuras más difíciles de conservar.

Algunas especies que se ha podido mantener en "suspensión animada" son el maní, el espárrago, ají, zanahoria, fresa, camote, tomate, yuca, etc.

En "crecimiento lento" se ha podido mantener a la yuca, la fresa, la papa, etc.

Diversas instituciones y laboratorios están utilizando gran parte de los recursos al manejo y conservación de germoplasma "in vitro" (Withers, 1982) con miras al intercambio de material y al soporte de programas de mejoramiento genético.

VI. CONCLUSIONES

La intensificación de la utilización del cultivo de tejidos vegetales "in vitro" depende del interés del investigador en su empleo y de la habilidad que posea en su uso.

En la propagación de plantas se ha resuelto problemas tales como:

La propagación de tipo de orquídeas.
Proliferación de fresas.
El crecimiento de plantas irradiadas.

En el saneamiento vegetal se ha utilizado en:

Obtener cultivares libres de virus.
Estudios de metabolismo en *Agrobacterium tumefaciens*

En el área de mejoramiento el énfasis se ha dado a :

La obtención de plantas haploides .
La obtención de diploides homocigotas .
La creación de nuevos tipos hortícolas, y agrícolas .

En los procesos morgogenéticos se ha logrado :

Estudiar la embriogénesis .
Determinar la aparición de órganos neoformados.

En la conservación de germoplasma :

Evitar la desaparición de variedades interesantes desde el punto de vista genético.
Almacenar material vegetativo y utilizarlo en un siguiente ciclo de multiplicación.
Intercambio de material vegetal.

VII BIBLIOGRAFÍA

- BLAKESLEE, A., BELLING, J., FARNHAM, M. y BERGNER, A. 1922.
A haploid mutant in the Jimson, ed. *Datura-Stramonium Science* 56. 646-647.
- BLAKESLEE, A. y BELLING, J. 1924. Chromosomal mutations in the Jimson weed, *Datura stramonium*. *J. Hered.* 15:195-206
- BOUZID, S. 1975. Quelques traits du comportement de boutures de Citrusen culture in vitro. *C.R. Acad. Sc. Paris.* 280: 1089 - 1962. Serie D.
- CHASE, S. 1949. Monoploid frequencies in a commercial double cross hybrid maize and in its component single cross hybrids and inbred lines. *Genetics* 34: 328-332.
- GAUTHERET, R. 1934. Culture du tissu cambial. *C.R. Acad. Sc. Paris* 198:2195-2196.
- GAUTHERET, R. 1937. Accion de l'Acide indol-acétique sur le de développement de plántules et des fragments de plantules de *Phaseolus vulgaris*. *C.R. Soc. Biol.* 26- 2-314.

- GAUTHERET, R. 1938. Sur le repiquage des cultures de tissu cambial de *Salix Caprea* C.R. Acad. Sc. Paris 206:125-127.
- GAUTHERET, R. 1941. Recherches experimentales sur la polarité des tissus de la racine d'Édive. C.R. Acad. Sc. 213:37-39.
- GAUTHERET, R. 1941. Caracteres anatomiques et cytologiques de tranches d'Édive, de Salsifis et Topinambur cultivées in vitro. C.R. Soc. Biol. 135:1161-11-4.
- GAUTHERET, R. 1959. La culture des tuisus vésataux, Techniques y Réalisations. Masson cie, Paris. 863 p RIV.
- GIOELLI, F. 1934. Morfología, Istología, Fisiologa et physiopatologia di meristemi secondari in vitro. Att. Ac. Sc. Ferrara 16:1-87
- JACQUIOT, C. 1951. Action des meso inositol et de l'adenine sur la formation de bourgeons par le tissu cambial de *Ulmus campestris* cultivé in vitro. C.R. Acad. Sc. Paris. 233:815-817
- KAMEYA, T. e HINAKA, K. 1970. Induction of haploid plants from pollen grains of *Brassica Jap.* J. Breed. 20:82-87.
- KASHA, K. 1974. Haploids from somatic celis, pp 67-87 in Haploide in Higher Plants. Advances and Potencial. Ed. Ken. J. Kasha University of Guelph. Catario.
- LAWRENCE, F. 1966. Taxonomy of Vascular Plants. The Mac Millan Company, New York. 823 p.
- MELGHERS, G. 1972. Haploid Higher Plant for Plant Breeding. Z. flansenzuchtg. 67: 19-32.
- MORAN, M. 1978. Multiplication vegetative de tissus diploides, sur milieux artificiels, chez quelques especes du genre *Passiflora*. These Doctorale Universidad Catholique de Lauvain, Belgique. 137 p.
- MOREL, G. 1944. Action de l'acide B-indol acétique sur la croissance de tissus de Vigne. C.R. Soc. Biol. 138-930.
- MOREL, G. 1948. Recherches sur la culture associée de parasites obligatoires et de tissus végétaux These. Paris 112 p.
- NITSCH, C. 1974. La Culture de pollen isolé sur milieu synthétique C.R. Acad. Sci. Paris. 278: 1931-1034.
- NITSCH, C. et NORREEN, B. 1972. Factors favoring the formation of andrageneric embryos in an ther culture. pp. 128-144 in Genes, Enzymes and Populations Vol. 2 Ed. A. Srb. Plenum Press.
- NITSCH, J. 1972 Haploid plants from pollen-Z. Pflanzenzuchetg 67. 3-18.
- NOBECOURT, P. 1937. Culture en serie de tissu végétaux sur milien artificiel C.R. Acad. Sc. Paris 205-521-523.

- RUIZ, M. 1977. Experiences sur la multiplication Végétative - in vitro - de *Nicotiana purbignifolia*, *Lilliam longiflorum*, et *Ze mays*. Travail réalisé dans Le adreld'échange cultural. Université Catholique de Lovain, Laboratoire de Cytogenetique. Beigique. 73 p.
- SRINIVASAN, E. y Mullins. M. 1977. Control of flowering in grapevine (*Vitis vinifera* L.) Inflorescences in vitro, by isolated tendrils. *Plant Physiol.* 61:127-130.
- SUNDERLAND, N. 1974. Anther culture as a means of haploid induction. pp 91-122, in *Haploids in Higher Plants. Advances and Potential.* Ed. Ken. J. Kasha. University of Guelph, Ontario.
- THOMAS, E. y LAVEY, M. 1975. From single cells to plants. The Wykehan Sience Series, Londres. 171 p.
- TULECKE, W. 1953. A Tissue derived from the pollen of *Ginkgo Biloba*. *Science* 117: 599-600.
- WHITE, Ph. 1934. Potentially unlimited growth of excised Tomato root tips in s liquid medium *Plant Physiol.* 9:585-600.
- WHITHE Ph. 1937. Amino acids in the Nutrition of excised Tomato roots. *Plant Physiol.* 12:793-802.
- SHITERS, L. 1980. Tissue Culture storage for genetic Conservation. International Board for Plant Genetic Ressources (IBPGR) Rome. 91 p.
- WHITERS, L. 1982. Institutes Working on Tissue Culture for Genetic Conservation. International Board for Plant Genetic Ressources (IBPGR). Rome 104 p.

LA DEFINICION DE DESCRIPTORES Y LA TOMA DE LAS CARACTERISTICAS (DESCRIPTORES) EN EL CAMPO

Dr. Miguel Holle (1)

I. INTRODUCCION

Los frutales tropicales de la Amazonía son en general especies poco estudiadas. Es por ello que su descripción en términos de características morfoagronómicas puede ser materia de diferencias de criterio y opinión. El presente trabajo práctico pretende enfrentar a los participantes al proceso de definición de "descriptores" con la finalidad de que perciban alguno de los problemas existentes en esta metodología.

OBJETIVO:

Describir la variabilidad genética de una especie cultivada y sus congéneres silvestres, para tener una "organización" (estructura) de la misma. Esto permitirá usar esa estructura en programas de fitomejoramiento del frutal en cuestión.

II. HISTORIA:

Descripciones botánicas .
Organización en "razas",
"Tipos", "grupos varietales"
Concepto de "pool" genético (Harlan)

III. DEFINICION:

Un descriptor es una característica de una población de plantas representada por un número variable de ellas en una o más localidades. El descriptor puede tener varios estados. Estos se miden en forma estandarizada. El descriptor debe ser útil para la discriminación entre poblaciones y uno o más especialistas en la especie en referencia que acuerdan usarlo. El uso de descriptores se desarrolla en un proceso de ajuste a medida que se caracteriza el germoplasma de una especie.

(1) Representante Regional para América Latina del Consejo Internacional para Recursos Fitogenéticos (CIRF).
Colombia (C/D CIAT).

IV. PRACTICA:

Usando la colección de la Estación Experimental Agropecuaria San Roque, cada investigador hará lo siguiente:

- Observar los especímenes disponibles de una familia botánica;
- Decidir 3 características (una debe ser de parte vegetativa; otra de flor, y otra de fruta) y sus estados respectivos (codificados, si ello es posible);
- Tomar los datos referentes a cada espécimen, usando los descriptores y estados definidos en b);
- Tabular la información indicando el rango de cada descriptor.
- Discutir en grupos de investigadores, los problemas encontrados y documentarlos; elegir el vocero y presentar los resultados al grupo.

V. EJEMPLOS DE TIPOS DE DESCRIPTORES Y ESTADOS

Tipo de Descriptor	Descriptor	Estado – Ejemplo
A. Consignación de datos medidos	1. Mes y año de siembra	Mayo 1984
	2. Largo de fruto	12 cm.
B. Alternativas de una situación o característica morfológica codificada	3. Fuente de una colecta	1 - silvestre 2 - campo cultivado 3 - tienda rural 4 - huerto casero rural 5 - mercado rural 6 - mercado comercial 7 - Instituto 8 - otros (especificar)
	4. Forma de fruto (fruto inmaduro)	1 - ovalado 2 - cordado 3 - oblongo 4 - ovoide 5 - piriforme 6 - obovado 7 - reniforme
C. Uso de escalas (los extremos de la escala 1 y 9 se usan para casos fuera de lo común)	5. Tamaño de fruto (escala 1 a 9)	3 - pequeño 5 - intermedio 7 - grande
	6. Reacción a Phytophthora (escala 1 a 9)	3 - resistencia 5 - intermedio 7 - susceptible

VI. ANEXO

DESCRIPTORES DE FRUTALES TROPICALES *

Datos de Pasaporte

1. Datos de la entrada al banco de germoplasma
 - 1.1 Número de la entrada. (Es una identificación única y es asignada por una sola persona —el “curator”— cuando el material recibido entra a formar parte de la colección. Si una entrada se pierde, no se debe utilizar el número. Se sugiere también utilizar una letra indicativa del banco de germoplasma o institución, antes del número correspondiente.
 - 1.2 Nombre del donante (persona o institución)
 - 1.3 Número de identificación utilizado por el donante.
 - 1.4 Otros números que están asociados con la entrada (con excepción del número de colección que debe ser consignado en el numeral 2.1)
 - 1.4.1 Otro número 1
 - 1.4.2 Otro número 2
 - 1.5 Nombre científico
 - 1.5.1 Género
 - 1.5.2 Especie
 - 1.5.3 Sub-especie
 - 1.6 Pedigree/Nombre del cultivar
 - 1.7 Fecha de adquisición
 - 1.7.1 Mes
 - 1.7.2 Año
 - 1.8 Fecha de la última regeneración o multiplicación
 - 1.8.1 Mes
 - 1.8.2 Año
 - 1.9 Tamaño de la entrada (número aproximado de semillas, esquejes, etc.).
 - 1.10 Número de oportunidades en que se ha regenerado la entrada desde su colecta original.

Datos de Pasaporte (Continuación)

2. Datos de colecta
 - 2.1 Número del colector (Este número es esencial, debe acompañar a las muestras siempre que se envíen estas).
 - 2.2 Instituto colector (Institución que apoyó la colecta de la muestra original)

* Traducción de Tropical Fruit Descriptors (revised) IBPGR
Seas. Reg. Gen. 2nd Edition, Dec. 1980 (AGP-IBPGR/80/54) 11 pages.

- 2.3 Fecha de colecta de la muestra original.
 - 2.3.1 Mes
 - 2.3.2 Año
- 2.4 País de colección/País donde se realizó la mejora del cultivar o variedad.
- 2.5 Provincia/Departamento/Estado
- 2.6 Lugar de recolección (kilómetros y dirección del pueblo/ciudad más cercana y/o localización geográfica)
- 2.7 Latitud del lugar de recolección (grados y minutos Norte o Sur)
- 2.8 Longitud del lugar de recolección (grados y minutos Este u Oeste)
- 2.9 Altura en metros sobre el nivel del mar del lugar de recolección.
- 2.10 Material colectado originalmente.
 - 1. semilla
 - 2. plántula
 - 3. pluma
 - 4. estacas de tallo
 - 5. estacas de raíz
- 2.11 Método de muestreo utilizado
 - 1. al azar
 - 2. sesgado
 - 3. representativo
- 2.12 Tipo de muestra
 - 1. planta individual
 - 2. clon
 - 3. población
- 2.13 Fuente de la colecta
 - 1. silvestre (e.g. bosque)
 - 2. campo de cultivo
 - 3. tienda rural
 - 4. huerto casero tropical

VII. PROCEDIMIENTO Y ESTRATEGIA DE MUESTREO

1. Especies silvestres relacionadas a la cultivada

Procedimiento de muestreo

- | | | |
|-----|--------------------------------|----------|
| 1.1 | Colecta | Al azar |
| 1.2 | Colecta para material parental | Sesgado? |
| 1.3 | Colecta para uso directo | Sesgado? |

Tamaño de la muestra = No debe ser menos de 3 árboles de una comunidad de una especie dada.

Material recolectado = Preferentemente plumas pero se permite recolectar semillas

2. Especies cultivadas

2.1 Material primitivo (material de fitomejoramiento para selección de plántulas o para cruzamientos)

2.1.1 Plántulas (ex huertos caseros tropicales)

2.1.2 Clones (ex plantaciones)

2.2 Variedades/cultivares mejorados

Material recolectado = una muestra que provea suficientes plumas para establecer 3 árboles en la colección.

2.2.1 y 2.1.2 Se mantendrán permanentemente. Se sugiere un acuerdo regional para asumir la responsabilidad del mantenimiento, ya sea en uno o varios países. Posiblemente sea conveniente que un país asuma la responsabilidad de coordinar.

**2.2.2 5 - mercado rural
6 - mercado comercial
7 - Instituto
8 - Otro (especificar en notas, descriptor 1.1)**

**2.2.3 1 - silvestre
2 - maleza
3 - línea de mejora
4 - cultivar primitivo, variedad tradicional
5 - cultivar mejorado / variedad mejorada
6 - otro (especificar en notas, descriptor 1.1)**

**2.2.4 Distribución general de la especie en el área de recolección
1 - distribución limitada
2 - distribución amplia**

**2.2.5 Extinción (un estimado si esta especie está en peligro de extinción en las áreas de recolección)
0 = No + = Si**

2.2.6 Nombre local/común

2.2.7 Número de plantas muestreadas

2.2.8 Fotografía

0 = No se tomó + = Se tomó

2.2.9 Número de la fotografía

2.2.9.1 Especímen para herbario

0 = No + = Si

VIII. CARACTERIZACION Y EVALUACION PRELIMINAR

3.1 País

3.2 Lugar (Institución de Investigación)

3.3 Nombre del evaluador encargado

3.4 Fecha de siembra

3.4.1 Día

3.4.2 Mes

3.4.3 Año

3.5 Fecha de cosecha

3.5.1 Día

3.5.2 Mes

3.5.3 Año

Caracterización

4.1 Hábito de crecimiento (hábito general del árbol a su madurez)

- 1. copa vertical
- 2. copa abierta
- 3. otro (especificar)

4.2 Enanismo

0 = No 1 = Si

4.3 Forma de la hoja (en árboles maduros; si es posible proveer una ilustración/dibujo esquemático).

- 1 = ovalada
- 2 = lanceolada
- 3 = oblongo lanceolada
- 4 = espatulada
- 5 = deltoide
- 6 = obovada
- 7 = elíptica
- 8 = oblonga

4.4 Tamaño del fruto (promedio de 10 frutos maduros)

- 3 = pequeños
- 5 = medianos
- 7 = grandes

- 4.5 Formas del fruto (en frutos maduros; si es posible proveer un dibujo esquemático)**
1 = ovalado
2 = cordado
3 = oblongo
4 = ovoide
5 = piriforme
6 = obovado
7 = reniforme
- 4.6 Color de la cáscara (en frutos maduros. Usar una tabla de colores aceptada, por ejemplo, la de la Royal Horticultural Society)**
- 4.7 Grosor de la cáscara**
3 = delgada
5 = mediana
7 = gruesa
- 4.8 Grosor de la pulpa**
3 = delgada
5 = mediana
7 = gruesa
- 4.9 Color de la pulpa (en frutos maduros. Usar una tabla de colores aceptada, por ejemplo, la de la Royal Horticultural Society)**
- 4.10 Sabor (en pulpa madura)**
0 = suave ("bland")
1 = amargo
2 = ácido
3 = sub-ácido
4 = dulce-amargo
5 = nuez
6 = dulce
7 = astringente
8 = otro (especificar)
- 4.11 Aroma de la pulpa (en pulpa madura)**
0 = ningún
3 = benigno
5 = intermedio
7 = fuerte
- 4.12 Textura de la pulpa (en pulpa de fruto maduro)**
1 = lisa
2 = quebradiza
3 = grueso
4 = fibroso
- 4.13 Blandura del fruto**
3 = duro
5 = intermedio
7 = blando

- 4.14 **Jugosidad del fruto**
 - 3 = seco
 - 5 = jugoso
 - 7 = muy jugoso
- 4.15 **Tamaño de la semilla (basado en el promedio del la semilla)**
 - 3 = pequeña
 - 5 = mediana
 - 7 = grande
- 4.16 **Forma de la semilla (provea en dibujo o ilustración)**
 - 1 = ovalada
 - 2 = ovoide
 - 3 = oblonga
 - 4 = obovada
 - 5 = reniforme

EVALUACION PRELIMINAR

- 5. **Datos sobre el lugar de la evaluación preliminar**
 - 5.1 **País donde se realiza**
 - 5.2 **Lugar (Instituto)**
 - 5.3 **Nombre de la persona a cargo de la evaluación**
 - 5.4 **Fecha de la siembra**
 - 5.4.1 **Día**
 - 5.4.2 **Mes**
 - 5.4.3 **Año**
 - 5.5 **Fecha de la cosecha**
 - 5.5.1 **Día**
 - 5.5.2 **Mes**
 - 5.5.3 **Año**
- 6. **Características a considerar en la evaluación preliminar**
 - 6.1 **Crecimiento y vigor (habilidad de producir crecimiento vegetativo)**
 - 3 = débil
 - 5 = intermedia
 - 7 = fuerte
 - 6.2 **Año de la primera floración**
 - 6.3 **Floración**
 - 3 = rala
 - 5 = mediana
 - 7 = profusa
 - 6.4 **Cuaje de frutos (habilidad de cuajar cuando hay polen disponible)**
 - 3 = bajo
 - 5 = intermedio
 - 7 = alto

- 6.5 Productividad**
3 = baja
5 = intermedia
7 = alta
- 6.6 Estacionalidad de producción**
1 = anual
2 = bienal
3 = errática
- 6.7 Epoca de fructificación**
1 = temprana
2 = intermedia
3 = tardía
4 = extendida
5 = continua
- 6.8 Sólidos solubles totales (Expresado como un porcentaje del peso fresco de pulpa madura).**

Evaluación Posterior

- 7.0 Reacción al estrés del medio ambiente (expresado en una escala del 1 al 9. Se usa un descriptor específico para cada tipo de estrés).**
1 = muy resistente
3 = resistente
5 = intermedio
7 = susceptible
9 = muy susceptible
- 8.0 Composición aloenzimática**
- 9.0 Características Citológicas y genes identificados**
- 10.0 Notas.**

MANEJO DE COLECCIONES

Dr. Miguel Holle (1)

I. INTRODUCCION

Mantenimiento

In situ

Ex situ

Ex situ

Ex situ

Semillas

Colecciones vivas

In vitro

Rejuvenecimiento

Multiplicación

Incremento

II. CARACTERIZACION

Descripción de características morfoagronómicas de herencia simple para discriminar entre poblaciones y mantener la identidad genética.

III. EVALUACION

Medir características de valor utilitario para escoger entre colectas (entradas) con fines de Establecimiento de clones ó líneas comerciales ó "Fitomejoramiento".

IV. INTERCAMBIO

Material de propagación, más datos indexados para enfermedades y envío en forma segura (bien embalado y/ó in Vitro)

V. CARACTERIZACION

Una especie (ó género) se distribuye en sus formas cultivadas ó silvestres, a través de un ámbito geográfico de diversos medios ecológicos.

Esta distribución y la evolución en éstos ambientes dá al material, características especiales que se pueden y deben agrupar.

VI. METODOLOGIA DE DESCRIPCION Y CARACTERIZACION Y EVALUACION

Características simples de alta heredabilidad (repetibilidad) se deben incluir en la descripción botánica (e.j. permite separar especies y variedades botánicas) las cuales permiten mantener la identidad genética de la colecta o población (e.j. enanismo, espinas)

Asímismo, características complejas de Herencia cuantitativa y usualmente de interés utilitario que varían con el medio ambiente.

(e.j. Diámetro de copa, período de floración dentro del año, productividad —frutos por año—, tolerancia a enfermedades, tolerancia a inundación).

(1) Representante Regional para América Latina del Consejo Internacional para Recursos Fitogenéticos (CIRF).
Colombia (C/D CIAT).

