
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



LA GENETICA, SU ESTUDIO Y SUS APLICACIONES
(APOYO BIBLIOGRAFICO)

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ING. AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A N

JOSE LUIS ALANIS SANCHEZ
LUIS LARA SOLORIO

GUADALAJARA, JALISCO. DICIEMBRE 1992



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD...

Expediente

Número ...0644/92.....

24 de Agosto de 1992.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

JOSE LUIS ALANIS SANCHEZ Y LUIS LARA SOLORIO

titulada:

" LA GENETICA, SU ESTUDIO Y SUS APLICACIONES."
(APOYO BIBLIOGRAFICO)

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

ASESOR

ING. LEONEL GONZALEZ JAURIGUI

srd'

ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

ryr



SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE

NUMERO 0644/92

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

24 de Agosto de 1992.

C. PROFESORES.

ING. JOSE NA. AYALA RAMIREZ, DIRECTOR
ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI, ASESOR
H.C. SALVADOR MENA MURGUA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" LA GENETICA, SU ESTUDIO Y SUS APLICACIONES "
(APOYO BIBLIOGRAFICO)

presentado por el (los) PASANTE (ES) JOSE LUIS ALANIS SANCHEZ
LUIS LARA SOLCRIO

han sido ustedes designados Dirección y Asesores, respectivamente, - para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su dictamen en la revisión de la mencionada Tesis.
Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
" PIENSA Y TRABAJA "
" AÑO DEL BICENTENARIO "
EL SECRETARIO


H.C. SALVADOR MENA MURGUA

RM*

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
I INTRODUCCION	1
II ANTECEDENTES	3
III OBJETIVOS.	8
IV MATERIALES Y METODOS	9
A) Situación Actual de la Educación Agrícola Superior en - México.	9
B) Evaluación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo.	15
C) Programa de Genética General.	18
D) Material Genético	22
E) La División Celular y los Cromosomas.	48
F) Genética Mendeliana	81
G) Probabilidad.	90
H) Acción Genética	94
I) Genética del Sexo	101
V POTENCIALIDAD DE LA GENETICA	113
A) Diagnóstico Pre-natal y Tratamiento de Enfermedades Ge- néticas Bioquímicas	114
B) La Ingeniería Genética.	117
C) Sistemas de Reproducción y Métodos de mejora Genética - de las Plantas.	120
D) Control Biológico de Plagas por medio del conocimiento- y manejo de los genes del huésped (planta) y parásito - (insecto)	124
VI CONCLUSIONES	128
VII RESUMEN.	129
VIII APENDICE	131
IX GLOSARIO	133
X BIBLIOGRAFIA	149

I. INTRODUCCION

La Genética es una ciencia muy importante en la actualidad, porque nos ha permitido conocer los mecanismos hereditarios biológicos, de tal manera, que ahora podemos controlar algunas de las fases de este complejo fenómeno natural, para así poder evitar algunos errores en la transmisión de la información genética.

Asimismo, ahora contamos con los medios adecuados para mejorar algunas especies animales y vegetales, así como "diseñar" organismos vivos para que sean adecuados para fabricar algunos productos.

En el futuro, el campo de esta ciencia parece muy promisorio para resolver muchos problemas que la humanidad tiene en muchos campos, principalmente en el de la salud y la alimentación.

Por lo anteriormente mencionado, es muy importante que los estudiantes reciban información adecuada sobre los fundamentos de esta ciencia.

La finalidad de este trabajo es recopilar información sobre la Genética, así como las aplicaciones actuales, que han producido toda una nueva tecnología de punta. El lenguaje de este trabajo está dedicado a los maestros, con un glosario

mo apoyo, que les perrita una mejor comprensión.

II. ANTECEDENTES

La Genética es una ciencia que se considera relativamente joven, porque sus orígenes se remontan al siglo pasado. A Gregor Mendel (1822-1884) se le llama con justicia "Padre de la Genética"; sus trascendentales experimentos con chícharos fueron realizados en un espacio reducido del jardín de un monasterio, al mismo tiempo que trabajaba como profesor sustituto. Las conclusiones que obtuvo de sus investigaciones, constituyen la base de la ciencia genética moderna.

Mendel no fue el primero en llevar a cabo experimentos de hibridación, pero sí fue uno de los primeros en considerar sus resultados en términos de caracteres aislados. Sus antecesores habían considerado organismos completos que heredaban un nebuloso conjunto de rasgos, por lo cual no habían podido observar con claridad las diferencias que ocurrían entre progenitores y descendientes.

Utilizando el método científico, Mendel obtuvo resultados más satisfactorios, que pudo interpretar en base a un preciso patrón matemático, aunque es necesario decir que Mendel no tenía idea alguna del mecanismo biológico que interviene en la transmisión de la herencia, aunque esto de ninguna manera demerita sus inmensas aportaciones al nacimiento de esta nueva ciencia.

En 1900 el trabajo de Mendel fue descubierto simultáneamente por tres botánicos: Hugo de Vries, Carl Correns y Eric-von Tschermak. Cada uno de estos investigadores con sus respectivos experimentos había obtenido resultados que parecían confirmar los principios de Mendel, al buscar información respecto a trabajos similares, los tres descubrieron el trabajo de Mendel y lo mencionaron en sus respectivas publicaciones. En 1905 el inglés William Bateson, dió el nombre de Genética a esta nueva ciencia. Ideó el término, basándose en una palabra griega que significa "engendrar".

A principios del siglo XX el francés Lucien Cuénot demostró que unos genes controlan el color del pelaje en los ratones; el estadounidense W.E Castle asoció a otros genes la determinación del sexo, así como el color y la textura del pelaje de ciertos mamíferos.

El danés W.L. Johannsen estudió la participación de la herencia y del ambiente en plantas, él empezó a utilizar la palabra gene, derivándola de las últimas sílabas del término "pangenia" establecido por Darwin. Desde 1883 Wilhem Roux había postulado que los cromosomas ubicados dentro del núcleo celular eran los portadores de los factores hereditarios. Algunos experimentos realizados en 1902 por T. Bovero y W.B. Sutton probaron que los genes formaban parte de un cromosoma.

La teoría del gene como pequeña unidad del cromosoma fue desarrollada por T.H. Morgan y sus colaboradores, a partir de experimentos realizados con la mosca de la fruta (*Drosophila-*

melanogaster); durante la década de los años 30's Beadle y Tatum ofrecieron una base para entender las propiedades funcionales de los genes y sugirieron que se ampliara el concepto clásico de gene.

El gene clásico había sido definido como una unidad estructural indivisible. Sin embargo, C.P. Oliver reportó en 1940, que el gene romboidal (para ojos ovalados) en D. melanogaster (mosca de la fruta) se podía subdividir en diferentes sitios. Esto implicaba que todos los genes se podían someter a subdivisiones.

Los genetistas de la década de los años 50's se enfocaron a buscar macromoléculas que fueran las portadoras de la información genética. Esto constituía uno de los principales problemas de la genética, por lo cual era muy importante descubrir estas macromoléculas que resultaron ser el DNA (ácido desoxirribonucleico) y el RNA (ácido ribonucleico), cuyo modelo molecular fue descubierto por Watson y Crick, al confirmarse que el DNA tiene una molécula en forma de doble hélice, lo que vino a confirmar al gene como unidad química. Las consecuencias del descubrimiento del ADN y el ARN, es que finalmente se vislumbró una explicación más objetiva de los mecanismos biológicos que inciden en la transmisión de la herencia genética. Los descubrimientos anteriores abrieron también el camino hacia una genética molecular que fusiona a la química (bioquímica) y a la física (biofísica) con la biología. Durante las tres últimas décadas los genetistas han - -

puesto un empeño especial en utilizar los aspectos moleculares de la biología.

La genética molecular ha permitido avances extraordinarios en la comprensión de las enfermedades congénitas, así como de las enfermedades que tienen su origen en mutaciones, por lo cual, la medicina ha tenido un considerable avance.

La genética molecular al permitir conocer más íntimamente la estructura de los genes, ha facilitado su manipulación con una gran diversidad de fines como sería "diseñar" organismos para que sean capaces de producir sustancias médicas, aunque desgraciadamente también para producir organismos que causen una gran variedad de enfermedades en poblaciones humanas. Lo anterior ha sido utilizado como armas bacteriológicas, que constituyen una de las aplicaciones terribles de los avances de la ciencia.

Pese a lo anterior, el desarrollo de la genética ofrece a futuro más aspectos positivos que negativos, porque aplicándola en forma correcta podría solucionar problemas gravísimos que junto con los daños al medio ambiente, ponen en peligro la supervivencia del hombre sobre la tierra.

En un párrafo posterior, que constituye la parte medular de esta tesis, explicamos la manera en que la genética ha sido utilizada en la actualidad, para ayudar a resolver el problema de la alimentación. Esto mediante el mejoramiento de las especies animales y vegetales comestibles. Por ejemplo, incrementando el rendimiento de las cosechas de tr

gc, maíz, etc.

Asimismo, se pretende aumentar la resistencia de las plantas cultivadas ante las plagas de insectos que las atacan. Y ante el daño tan terrible que se le está causando a muchas especies silvestres de plantas y animales, que se encuentran al borde de la extinción, la genética también ha contribuido para evitar que desaparezcan por completo, ya que su información genética ha sido almacenada en bancos de germoplasma (ver Glosario).

III. OBJETIVOS

- 1.- Recopilar información sobre la ciencia de la Genética, y que esta información tenga como característica ser amplia y actual.
- 2.- Que la información sea adecuada, para que los maestros puedan auxiliarse de ella, para el desempeño de su trabajo.
- 3.- Lograr que se entienda la importancia de esta ciencia como parte de la información que debe adquirir un estudiante de la Facultad de Agronomía.
- 4.- Apoyar en la cátedra de Genética I la información en forma de antología, para que el alumno, estudiante de la Agronomía, se interese por la diversidad de campos que ofrece esta ciencia.

IV. MATERIALES Y METODOS

A) Situación Actual de la Educación Agrícola Superior en México

En la actualidad, la educación agrícola en México está orientada a formar profesionistas que responderán al sistema capitalista que predomina en nuestro país. Cabe destacarse - que este sistema son pocas las personas que tienen los me-- dios para realizar una explotación de los recursos naturales. Bajo estas condiciones, el actual sistema capacita profesio- nistas en el cómo producir, nunca se les prepara en un proce- so de formación de reflexión y de análisis del por qué de - las cosas; para qué es otra pregunta muy poco hecha por éste y a quién beneficiará con el producto de su trabajo.

Por otra parte, la ideología del sistema capitalista, - juega un papel muy importante, a los jóvenes profesionistas- se les ha preparado en asignación de lo que la empresa priva- da (transnacional), a través del estado ha demandado, conside- rándose en este sistema al técnico como una mercancía dispo- nible en el mercado; esta a su vez, se engranará para comple- tar y poner a funcionar el desarrollo de una agricultura al- tamente tecnificada con explotaciones ^{INTENSIVAS} extensivas y de una ac- tividad comercial generadora de superganancias.

La educación que realmente obtiene el profesionista, -- actualmente, ha generado que el ingeniero agronomo a través-

del extensionismo, sólo se ha concentrado a responder al sistema capitalista de la siguiente manera:

- Ayudar al agricultor a perfeccionar sus habilidades y destrezas en las actividades agropecuarias.
- Instruir al productor para que utilice mejor los insumos agrícolas y los recursos que el gobierno pone a su alcance.
- Demostrar al productor las ventajas de poner en práctica las innovaciones agrícolas en su parcela.

Debiéndose lo anteriormente citado a la preparación de los estudiantes de agronomía con miras a apoyar el desarrollo de una agricultura moderna y tecnificada del sistema capitalista.

Por ello, las escuelas deberían de ser centros de apoyo y de servicio, desde el punto de vista que la comunidad demande, ya que muchas veces se desconocen los problemas de los campesinos basados en los aspectos económicos, políticos y sociales, por lo que es necesario vincular el sistema educativo agrícola superior al desarrollo nacional y a las necesidades del campo mexicano.

Con lo anterior se puede analizar que la situación actual del sistema de Educación Agrícola Superior en los últimos años, se pueden enumerar los siguientes puntos:

- Inconexión del sistema educativo, con los sistemas relacionados con la investigación y la extensión agrícola.

- Carencias de recursos humanos en número e idoneidad, y de facilidades y recursos presupuestales para llevar su preparación profesional y docente.
- Carencia de recursos físicos que garanticen la correcta implantación de los programas profesionales ofrecidos por la institución y su ajuste a las necesidades de la agricultura nacional.

En una encuesta realizada ^{en el año?} por el ICAM sobre las actividades y situaciones de los agrónomos mexicanos, permitió precisar seis áreas principales en las que los agrónomos desarrollan su ejercicio profesional, destacando en primer lugar a las que se dedica la inmensa mayoría que son las actividades técnicas: 10,725 personas, o sea, cerca de 4/5 partes del total. Alrededor de 2/3 partes de los agrónomos involucrados en dicha área se dedican entre el 76% y el 100% de su tiempo. Ahora bien, de las labores de índole técnico se registró una dispersión en 16 especialidades, distinguiéndose aquellas que se encuentran vinculadas directamente con los productos del campo y que son en orden de importancia: Extensión Agrícola 25.76%, Crédito Agrícola 18.6% y Desarrollo Rural 8.8%. Por contraste, en otras áreas fundamentales, como son Conservación de Suelos, Industrialización, Manejo de Pastizales, Fomento Ganadero, Maquinaria Agrícola y Sociología Rural, resultando relativamente pocos los profesionistas dedicados a ello.

En cuanto a actividades de naturaleza administrativa, -

debe subrayarse que si bien es elevado el número absoluto de profesionistas que las practican, éstos dedican siempre un porcentaje de su tiempo que resulta ser en su mayoría inferior al 50% dentro del extenso y completo ámbito administrativo, la especialización se encuentra orientada en un 43.2% hacia la elaboración y evaluación de proyectos y programas - aplicándose el 15.8% al análisis de los recursos humanos. Un grupo importante de agrónomos aplica su tiempo a la investigación científica (1,648); cerca de 500 agrónomos estudian - cursos de postgrado, el 90.9% a nivel maestría, el 9.1% doctorado.

Otro tópico que sería importante tocar en la crisis - agropecuaria que vive el país, resultado del sistema capitalista a nivel internacional, anctando las siguientes razones: las funciones de la agricultura ya no han sido cumplidas en el nivel nacional y al ritmo necesario que la población demanda alimentos de consumo humano; el modelo de acumulación que había condicionado a la agricultura, dejando de ser apto para continuar el proceso de acumulación según lo exigían las nuevas circunstancias; el reflejo de la gran responsabilidad que tienen las universidades en materia agraria, dado que es común escuchar que la preparación de profesionales no responden a las necesidades reales que se practican en la agricultura del medio rural de nuestro país.

Existe la necesidad imperiosa de darle un giro a la educación agrícola en nuestro país, considerando aquella que proporcione a los futuros profesionistas los conocimientos -

del cómo y por qué, así como entender y analizar el para qué y a quién de los problemas agropecuarios, con el fin de generar alternativas para la resolución de esta problemática en el medio rural.

Por lo tanto, se tendrá que empezar por generar cambios en las concepciones y objetivos de la enseñanza, la investigación y el servicio, por lo cual, se debe plantear la necesidad del cambio en la enseñanza agrícola y pecuaria tradicional, al servicio de la clase dominante, por la educación liberadora y comprometida con la clase más explotada de nuestro país; es decir, el proletariado, dentro del cual se incluye también a los campesinos pobres y jornaleros agrícolas que constituyen el 80% de la población rural de México.

Por lo tanto, debe el estado asumir la obligación de desarrollar y enfocar su educación superior en materia agrícola de acuerdo con las necesidades reales de la nación, reconociendo a los centros como generadores de tecnología para el desarrollo agropecuario del país.

También se debe tomar en cuenta que la educación agrícola tomó gran impulso con el resultado del reparto agrario - (ejidos) basados en la Revolución Mexicana, requiriendo una gran cantidad de especialistas en la agricultura.

Por otra parte, la educación agrícola comprende las siguientes etapas:

- 1a. En 1854, el país cuenta con personal con conocimientos en las diferentes disciplinas de la agronomía y

orientado para el trabajo en las distintas regiones del mismo.

- 2a. En 1952, el país se ve en la necesidad de preparar profesionales en áreas más específicas sobre un determinado problema de las ciencias agronómicas.
- 3a. En la actualidad, del punto anterior, surge la especialización en áreas específicas como son: Fitotecnia, Zootecnia, Parasitología, Ingeniería Agrícola, Administración Agropecuaria, Fruticultura, Estadística, etc.

B) Evaluación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo

El Ingeniero Agrónomo en la Problemática Nacional

- El Ingeniero Agrónomo debe de ser un agente de cambio, capaz de conocer y entender la problemática real del sector primario y de influir en la solución de la misma, mediante aportaciones consistentes en la conducción y dirección de la comunidad que el proceso de su desarrollo demande.
- La capacitación del Ingeniero Agrónomo, deberá ser amplia para la identificación y manejo de los recursos naturales técnicos y sociales, para planificar y ejecutar los programas necesarios tendientes a mejorar integralmente el desarrollo rural.
- El Ingeniero Agrónomo deberá ser un profesionista capaz de conocer y con habilidad de plantear y ejecutar alternativas viables de solución a los problemas de los procesos de producción, administración y organización social del campo mexicano.
- Los programas de educación agrícola (tradicionalmente por razones históricas) han estado orientados hacia el desarrollo de las zonas con altos índices de productividad; sin embargo, las exigencias de la enseñanza demandan vinculación con las zonas de subdesarrollo agropecuario para involucrarlas en un proceso de cambio de vida.

Análisis de la Problemática de la Profesión del Ingeniero Agrónomo en México

Es vital la comprensión del estudiante sobre la función social de esta profesión y de su orientación en el mejoramiento del nivel de vida del campesino.

Existe un alto porcentaje de deserción, ocasionado en parte por factores:

- a) Falta de orientación vocacional.
- b) Aspectos económicos.
- c) Estudiantes de agronomía de origen urbano.

Estudios de la Asociación Mexicana de Educación Agrícola Superior (AMEAS), señalan que durante los años 1950-1970, existían en nuestro país 19 centros de educación superior de agricultura que alojaban 5,000 estudiantes; además, en estas fechas existían 7,000 profesionistas planteándose la necesidad de empleo; 30,000 agrónomos en 1980, saturó el mercado.

Perspectivas del Ingeniero Agrónomo en México

El Ingeniero Agrónomo deberá de ser un agente de cambio, capaz de conocer, analizar y resolver problemas del medio rural, dirigiendo el desarrollo de las comunidades en las que le toque trabajar.

Debe efectuar las funciones de conducción, planeación y ejecución de la producción agropecuaria, con objeto de tener capacidad para el abastecimiento alimenticio de la población nacional para uso industrial y de exportación.

Debe ser dinámico y responder a las condiciones de la realidad actual, para que al egresar responda en su práctica profesional a ellas, evitando frustraciones y abandono de la carrera, con el consiguiente desperdicio de tiempo y recursos escasos del país.

Deberá tener la capacidad de identificar, aplicar e innovar los procedimientos adecuados para el manejo de los recursos que no se han aprovechado y que puedan beneficiar a la comunidad, mejorando el nivel de productividad y consecuentemente el nivel de vida de sus integrantes.

Vincular los conocimientos teóricos del aula con los problemas de los productores, mediante el proceso del "aprender-haciendo" y la aplicación del método científico.

Tendrá habilidad de identificar y orientar adecuadamente a los líderes de las comunidades para conducir su desarrollo, vinculándose con las instituciones oficiales y privadas.

5-Contenido por temas

Semana numero	Act. doc. numero	Contenido	Fórmula de docencia	Trabajos fuera de horario	Lugar
1	1	INTRODUCCION 1.1. Definición y Conceptos 1.2. Importancia Económica y Social. 1.3. Historia de la Genética.	C		AU
2					
3	2	LA DIVISION CELULAR Y LOS CROMOSOMAS 2.1. La células y los organelos: relaciones con la herencia. 2.2. Mitosis 2.3. Meiosis 2.3.1. Gametogénesis 2.3.2. Fecundación.	C		AU
4					
5	3	GENETICA MENDELIANA 3.1. Obra Mendeliana 3.1.1. Ley de la Segregación. 3.1.2. Ley de la Transmisión independiente. 3.1.3. Estudio del trihibridismo 3.1.4. Métodos para la obtención de relaciones fenotípicas y genotípicas.	C		AU
6					
7		Evaluación Parcial	E ₁		AU
8	4	PROBABILIDAD 4.1. Definición y reglas 4.2. Aplicabilidad 4.3. Distribuciones Estadísticas 4.3.1. Prueba de χ^2 (ji cuadrada) 4.3.2. Utilización.	C		AU
9					
10	5	ACCION GENICA 5.1. Acción intragénica 5.1.1. Relaciones alélicas 5.2. Acción intergénicas 5.2.1. Interacciones epistáticas	C		AU
11					
12					
13	6	GENETICA DEL SEXO 6.1. Determinación del sexo 6.2. Herencia ligada al sexo 6.3. Herencia influida por el sexo	C		AU
14					
15		Evaluación Parcial	E ₂		
16		EXAMEN GENERAL			

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

ESCUELA DE AGRICULTURA

Clave de Catalogación: C. B. C. B. C. B.
 Clasificación: Clasif. asim. asim.

Código: GENETICA I

ESTE CURSO ESTÁ DISEÑADO PARA TENER UNA CONCEPCIÓN CIENTÍFICA DE LA CIENCIA DE LA GENÉTICA EN SUS PRINCIPIOS Y LEYES QUE REGEN A LA HERENCIA Y SU COMPORTAMIENTO EN DIFERENTES ORGANISMOS.

IGUALMENTE ENTENDER EL MODO DE ACTUAR DE LOS GENES Y LA VARIACIÓN EN RELACIÓN AL SEXO EN TODOS LOS SERES VIVOS Y SU INFLUENCIA EN ALGUNOS CARACTERES.

SECRETARIA
 EDUCACION
 GUATEMALA

2. Objetivos particulares

QUE EL ALUMNO:

- 1.- DESCRIBA LOS MECANISMOS DE LA TRANSMISION DE LOS CARACTERES HEREDITARIOS
- 2.- EXPLIQUE LOS FENOMENOS RELACIONADOS CON LA HERENCIA Y SU FORMA DE HEREDARSE.
- 3.- IDENTIFIQUE EL SEXO Y LOS CARACTERES INFLUENCIADOS POR EL MISMO.
- 4.- DISTINGA LAS DIFERENTES FORMAS DE ACCION GENECA QUE SE PRESENTAN EN LA HERENCIA DE ALGUNOS CARACTERES.

* SE RELACIONA CON LOS OBJETIVOS GENERALES DE CARRERA:

* 06-5, 06-9, 0614.

4. Instrumentos metodológicos

- A) ES NECESARIO CONTAR CON UN LABORATORIO ESPECIFICO PARA ESTA MATERIA PARA REALIZAR MONOGRAFICOS PARA COMPROBAR LAS LEYES DE LA HERENCIA.
- B) HACER USO DE MATERIAL VIVO (MOSCA DE LA FRUTA, PLANTAS AUTOGAMAS Y ALOGANAS) PARA OBSERVAR Y DEMOSTRAR LA ACCION DE LOS GENES Y LA HERENCIA RELACIONADA CON EL SEXO.
- C) UTILIZAR MATERIAL AUDIOVISUAL QUE EXPLIQUEN LOS FENOMENOS GENETICOS, CON EL OBJETIVO DE SER MAS OBJETIVOS.

Bibliografía

S. JENNER E. Genética General. Ed. Limusa

STANSFIELD, M.D. Genética.

DE LA TORRE J. L. Genética General y Aplicada.

LEHMAN R.P. Genética

Literatura de consulta

STRICKSBERGER M. A. 1974. Genética 1a. Edición. Ediciones Omega S.A.

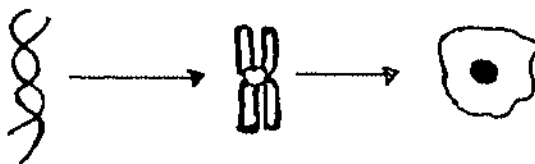
AYALA, F.O. y K.W. MUIR JR. 1954. Genética Moderna. 1a. Edición. Ediciones Omega S.A.

SIMONDI, D.M. y DOBZANSKY 1955. Principles of Genetics.

D) Material Genético

La transmisión de las características de una especie determinada de una generación a otra, depende del material genético. En éste se encuentra codificada la información que determina las características de los individuos.

La forma en que está organizado este material genético - en los seres superiores, es de la siguiente manera:



De acuerdo al esquema anterior, se puede observar que - la molécula llamada DNA (Acido desoxirribonucleico) es la que tiene codificada la información genética, de acuerdo al orden en que se encuentran las bases que la forman. El DNA se organiza durante la reproducción celular en unos cuerpecillos llamados cromosomas, junto con unas proteínas a las que se les conoce como histonas.

Asimismo, los cromosomas se encuentran en el núcleo de las células eucarióticas, aunque únicamente son visibles en aquellas células que se encuentran en proceso de reproducción.

Se explicará ampliamente cada una de las fases de la organización del material genético.

Estructura y Función del DNA

El DNA fue aislado por primera vez de las células de pus y del esperma de salmón e intensamente estudiado por el suizo Friedrich Miescher, en una serie de investigaciones comenzadas en 1869; lo llamó "nucleína", debido a su participación en el núcleo celular. Se necesitaron casi 70 años de investigación para poder identificar por completo los componentes principales y la estructura del DNA.

Las moléculas de DNA de diferentes células y virus varían en el porcentaje de componentes, en la secuencia de éstos y en sus pesos moleculares.

El DNA está formado por cuatro bases, que son: guanina, adenina, citosina y timina; así como un azúcar, que es la desoxirribosa y fósforo inorgánico. Después de varios estudios sobre el DNA y su composición, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1.- La composición en bases del DNA varía de una especie a otra.

2.- Las muestras de DNA aisladas de distintos tejidos de una misma especie tienen la misma composición de bases.

3.- La composición en bases del DNA de una determinada especie no cambia con la edad, con el estado de nutrición, ni con las modificaciones del medio ambiente.

4.- En casi todos los DNA examinados, el número de restos de adenina es siempre igual al número de restos de timina; y el número de restos de guanina es siempre igual al de restos de citosina.

5.- Los DNA extraídos de especies estrechamente relacionadas, poseen similares composiciones en bases.

En 1953, Watson y Crick, pudieron determinar la estructura tridimensional del DNA, observando que son dos cadenas que se hallan arrolladas en forma de hélice, alrededor de un mismo eje, constituyendo así una doble hélice.

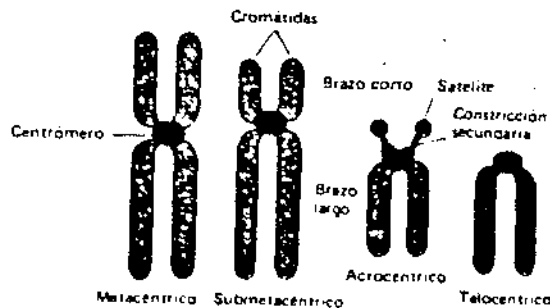
Los Cromosomas

El estudio de los cromosomas es el de mayor importancia en Biología, ya que permite observar en forma directa el comportamiento de las moléculas de ADN y de los genes.

La morfología de los cromosomas puede ser estudiada mejor durante la metafase y la anafase. Se puede clasificar en cuatro grupos, de acuerdo a su forma, la que a su vez depende de la posición del centrómero (sitio donde se fija las fibras del huso durante la mitosis) que divide al cromosoma en-

sus dos brazos. El cromosoma telocéntrico presenta el centrómero de uno de sus extremos; el acrocéntrico tiene un brazo muy corto; submecéntrico tiene brazos de distinto largo; y el metracéntrico, los brazos son iguales.

Durante la anafase, los cromosomas se doblan en la región del centrómero de tal manera, que los metracéntricos aparecen en forma de "V", mientras que los acrocéntricos mantienen su forma cilíndrica.



Nomenclatura de los Cromosomas

Los citogenetistas crearon una compleja nomenclatura para describir los componentes de los cromosomas. Sin embargo, es importante recordarla porque se refiere no sólo a las características morfológicas, sino también a propiedades específicas de los cromosomas.

CROMATIDAS. En la metafase cada cromosoma está formado -

por dos componentes simétricos -las cromátidas-, cada una de las cuales contiene una sola molécula de ADN. Las cromátidas sólo están unidas entre sí a nivel del centrómero y se separan al comienzo de la anafase, cuando las cromátidas hermanas emigran a polos opuestos. Ambas cromátidas hermanas son simétricas en todas sus características, ya que contienen moléculas de ADN idénticas. Por lo tanto, en la metafase el cromosoma tiene dos cromátidas y en la anafase una sola.

CROMONEMA. Durante la profase en material cromosómico se hace visible en forma de filamentos finos, llamados cromonemas, que presentan cromátidas en estadios tempranos de descomposición. Por lo tanto, cromátida y cromonema son dos nombres para una misma estructura.

CROMÓMEROS. Son acúmulos de material cromatínico, visibles a lo largo del cromonema, al que le imparte el aspecto de collar de cuentas. En la metafase los cromómeros dejan de observarse.

CENTROMERO. Es la región del cromosoma donde convergen las fibras del huso mitótico. Se encuentra en una parte más delgada del cromosoma, la constricción primaria.

CINETOCORO. Estructura en forma de disco, de naturaleza protéica, que se adhiere a la cromatina centromérica, tiene una estructura trilaminar. En el cinetocoro es donde se fija los microtúbulos del huso mitótico.

TELOMERO. Extremos de los cromosomas que tienen propiedades específicas. Además de darle estabilidad al cromosoma,

en algunas especies los telómeros permiten una asociación - - transitoria de los cromosomas por sus extremos.

CONSTRICCIONES SECUNDARIAS. Son constantes en su posi--- ción y tamaño y resultan útiles para identificar un cromosoma particular.

ORGANIZADORES NUCLEOLARES. Son ciertas constricciones se cundarias en las que los genes codifican a los ARN ribosómi-- cos 18S y 28S e inducen la formación de nucleolo.

SATELITES. Se presentan como un cuerpo esférico separado del resto por una constricción secundaria.

Las Mutaciones

Una mutación es un proceso mediante el cual un gene su-- fre un cambio estructural, y éste se ve reflejado en el fenotipo del individuo que sufre la mutación, y al cual se le llama mutante.

Las mutaciones pueden ser principalmente de tres tipos:- Mutación de Punto, que es cuando cambia un nucleótido o una - base de las que forman el DNA; mutación por selección cromosó mica, es cuando falta una parte o fragmento del cromosoma; y, finalmente, mutación por material genético extra, que hace - que un gene sea más grande, o inclusive, que exista un cromosoma de más, provocando lo que se conoce como trisomía, es de cir, que en lugar del par de cromosomas que normalmente existe, se agregue uno más para ser tres.

Pueden ocurrir mutaciones en cualquier célula y en cual-

quier etapa del ciclo celular. El efecto inmediato de una mutación y su capacidad para producir un cambio fenotípico lo determinan su dominancia, el tipo de célula en que ocurre - - cuando hay relación con el ciclo vital del organismo.

Si la mutación ocurre en la célula somática (corporal) - capaz de producir otras células iguales, pero no a todo un organismo la correspondiente modificación, sólo se perpetúa en células somáticas descendientes de la célula original en que ocurrió la mutación. Por ejemplo: la manzana "Delicious" y la naranja "Mineola", fueron originalmente mosaicos en tejidos somáticos. Los cambios que confieren a estas frutas sus calidades positivas, al parecer, siguieron a mutaciones espontáneas en células aisladas, las cuales constituían tan sólo una muy reducida porción del cuerpo de los manzanos y naranjos en cuestión. En cada caso la célula portadora del gene mutante - dio origen a otras del mismo tipo, llegando por último a producir toda una rama que presentaba las características del tipo mutante. Por fortuna fue posible efectuar una propagación-vegetativa, tanto en el caso de la manzana "Delicious" como - en el de la naranja "Mineola". Y en la actualidad, una profusa descendencia obtenida mediante injertos y brotes perpetúa la mutación original. Los descendientes de estos tipos mutantes son ahora muy comunes en los vergeles de naranjos y manzanas.

Cuando genes mutantes dominantes aparecen en células germinales, sus efectos se pueden manifestar de inmediato en la-

progenie. Cuando los mutantes son recesivos o hipostáticos - sus efectos pueden ser ocultos. Las mutaciones germinales, - lo mismo que las mutaciones somáticas, pueden ocurrir en cualquier etapa del ciclo vital de un organismo, pero son más comunes durante unas que en las otras. Cuando la mutación ocurre en un gameto, sólo un miembro de la progenie es susceptible de poseer el gene mutante. Si por otro lado una mutación ocurre al principio de la gemetogénesis (un evento premeiotico) varios gametos pueden recibir el gene mutante, incrementándose así sus probabilidades de perpetuación. En cualquier caso, la dominancia del gene mutante y la etapa del ciclo vital en que ocurre la mutación son importantes factores que contribuyen a determinar el grado de cualquier expresión posterior.

La primera mutación germinal dominante que se registró en animales domésticos fue observada en 1791 por Seth Wright en una granja situada cerca del río Charles en Dour, Massachusetts. Wright notó en su rebaño la presencia de un cordero peculiar que tenía las patas extrañamente cortas. Pensó que sería una ventaja poseer todo un rebaño de estos carneros con patas cortas que no podían saltar las bajas bardas de piedra que se utilizaban en su pequeña aldea de Nueva Inglaterra. Wright utilizó a este nuevo carnero con patas cortas para fecundar a sus 15 ovejas en la siguiente temporada. Dos de los 15 corderos producidos tuvieron patas cortas. Los carneros de patas cortas se cruzaron luego entre si y se produjo una línea. En la nueva característica se manifestaba en

todos los individuos. Las mutaciones que dio origen a los carneros de patas cortas fue obviamente de tipo germinal, ya que la célula portadora de la mutación tenía la capacidad de producir a todo el organismo. Desde entonces se describieron mutaciones germinales en varios animales y plantas.

Las mutaciones se pueden inducir mediante sistemas artificiales, esto con la finalidad de estudiar mejor la manera en que suceden, sin necesidad de esperar a que suceda una mutación natural. Se utiliza comúnmente para provocar mutaciones: los rayos X, los rayos ultravioletas, otros tipos de radiaciones y algunas sustancias químicas.

En los seres humanos se dan las mutaciones, provocando una gran cantidad de enfermedades genéticas, que pueden ser congénitas, es decir, desde antes de nacer; y otras, como el cáncer, que se dan en diferentes etapas de la vida. El cáncer básicamente consiste en el desarrollo anormal de un grupo de células somáticas que han sufrido una mutación por causa de agentes externos.

Concepto y Alcance de la Genética

Se llama Genética a la ciencia que estudia los fenómenos relativos a la herencia y a la variación en los seres vivos. Su finalidad es, pues, el descubrimiento de las leyes que rigen la transmisión de los caracteres que presentan los individuos a su descendencia y la determinación de las causas a que obedecen las diferencias que se observan entre los

seres que pertenecen a esa descendencia.

Se entiende por herencia, la tendencia de los seres a re producir fielmente las características de sus progenitores. - Variación es la tendencia que se manifiesta en los individuos a diferenciarse unos de otros. Todos los organismos están sometidos a estas dos tendencias opuestas, y de la resultante - de sus acciones mutuas depende el conjunto de caracteres que cada uno posee. La sistematización de los conocimientos existentes sobre ambas tendencias para formar un cuerpo de doctrina, eslabonado y ordenado, constituye la ciencia de la Genética.

A pesar de que desde tiempos remotos se conocieron hechos aislados, relativos a la herencia y a la variación, que han permitido al hombre obtener y mejorar las plantas que cultivaba y los animales domésticos explotados por él, y no obstante haberse ido explicando algunos fenómenos relacionados - con aquellas tendencias biológicas, a medida que los conocimientos científicos sobre los seres vivos se iban enriqueciendo con nuevos descubrimientos, la Genética, como ciencia, no se ha constituido hasta época muy reciente. En efecto, puede decirse que es el año 1900 el principio de lo que pudiéramos llamar la era de la Genética, pues hasta esa fecha no se conocían sino manifestaciones unilaterales sobre los fenómenos genéticos, explicados parcialmente unas veces y erróneamente - otras. Fue precisa la divulgación de los trabajos que Gregorio Mendel había realizado cuarenta años antes y la consecución de los resultados obtenidos por numerosos investigadores

durante la primera mitad de nuestro siglo, para establecer de un modo definitivo los principios fundamentales de la ciencia genética y hacer llegar los conocimientos relativos a ella al nivel en que hoy se encuentran.

No es posible que exista otra ciencia que, en lapso tan breve, haya alcanzado un desarrollo de proporciones semejantes al logrado por la Genética. La importancia de ésta, tanto en el campo de la ciencia pura como en el de su aplicación - con miras utilitarias, ha sido indudablemente el acicate que, durante los últimos sesenta años, ha movido a una pléyade de investigadores, de todos los continentes, a trabajar con ahínco para descorrer los velos que envolvían a los fenómenos de herencia y variación y dar a la humanidad el rico caudal de conocimientos que, gracias a este enorme esfuerzo, posee actualmente.

El estudio de la Genética puede considerarse desde dos puntos de vista, el de la Genética general y el de la Genética aplicada. La primera considera los fenómenos de la herencia y de la variación desde su aspecto exclusivamente científico, sin considerar la aplicación que pueda hacerse de estos conocimientos para fines prácticos o utilitarios. La Genética general enseña las leyes que rigen la herencia y la variación; explica las anomalías y excepciones aparentes a estas leyes; da los métodos para calcular valores numéricos relacionados con los principios genéticos; establece, en fin, las causas biológicas de dichas leyes y principios, así como la expresión matemática de muchos de ellos.

La Genética aplicada, por su parte, aprovecha todos los conocimientos proporcionados por la Genética general para conseguir la mejora de las plantas cultivadas y de los animales domésticos o para descubrir en la propia especie humana la influencia que en cada hombre pueden tener las características étnicas, fisiológicas, patológicas y morales de sus antepasados y ascendientes, persiguiendo así fines sociales de la mayor importancia. La Genética aplicada puede orientarse, pues, en tres direcciones: Genética vegetal, Genética animal y Genética humana.

LA GENÉTICA VEGETAL, además de estudiar los métodos que pueden emplearse para la obtención de nuevas variedades en las plantas cultivadas y para la mejora de los tipos existentes, investiga el modo de manifestarse y modificarse los caracteres de mayor interés agronómico o industrial, en las plantas más importantes, y el modo de conducir la mejora de éstas en relación con cada uno de ellos.

LA GENÉTICA ANIMAL da los medios para mejorar las diferentes especies domésticas mediante la formación de nuevas razas o la mejor adaptación de las existentes al objeto que se exige de ellas, estableciendo los métodos zootécnicos más adecuados para tales fines.

LA GENÉTICA HUMANA, permite estudiar la transmisión de las taras físicas y morales de unas generaciones a otras, y es un poderoso auxiliar en la patología humana y en problemas de tipo social y jurídico.

Utilidad de la Genética

La utilidad de la Genética se manifiesta en tres direcciones diferentes: utilidad científica, utilidad social y utilidad económica. Desde el punto de vista científico, la Genética ofrece el extraordinario interés de haber explicado y es ta r explicando aún, día tras día, fenómenos cuyas causas eran totalmente ignoradas o cuya manifestación externa aparecía - confusa, por no tenerse un conocimiento exacto de sus modalidades, y sobre los que se emitían hipótesis basadas en conjeturas más o menos acertadas. La Genética, descubriendo los principios en que se basa la herencia en los seres vivos y la variación entre ellos y sus descendientes, ha contribuido no poco al progreso de las ciencias biológicas, aclarando muchos hechos relacionados con el origen y la evolución de las especies.

Pero con ser importante el aspecto de la utilidad de la Genética que acabamos de indicar, esta utilidad es más patente en su aplicación social y económica. Muchos hechos históricos y antropológicos pueden explicarse mejor a la luz de los conocimientos que hoy tenemos sobre la herencia y la varia --- ción. La Eugenesia, ciencia que definió Galton como el estudio de los factores que pueden mejorar bajo el control del hombre las cualidades raciales de las generaciones futuras, sea física o mentalmente, ha encontrado y está llamada a encontrar en el porvenir un poderoso auxiliar en la Genética, pu es que cualquier trabajo que se proyecte en el campo de aquella ciencia ha de apoyarse en los principios que la segunda ha es

tablecido.

No obstante, donde la Genética encuentra una aplicación de mayores perspectivas es en el campo de la Agronomía y de la Zootecnia, al facilitar la mejora de las plantas cultivadas y de los animales explotados por el hombre. La Agricultura y la Ganadería necesitan no sólo producir más, sino producir más barato; la solución del problema de la Agricultura del mundo está en conseguir un mayor consumo de los productos del campo, pero, para que la cantidad de productos consumidos aumente, es necesario que sea más grande el número de consumidores o, lo que es lo mismo, que dichos productos se hagan accesibles a un sector cada día más considerable de la humanidad. Para conseguir esta meta de un modo más o menos definitivo, es preciso que el costo de producción se aminore, lo cual sólo puede lograrse haciendo que la producción unitaria aumente, hasta tal grado, que el costo por unidad de producto se reduzca y pueda venderse la producción a precios más tolerables para el consumidor, pero conservando un margen de ganancia que sea un estímulo para el productor.

Ahora bien, los rendimientos de las plantas cultivadas, por ejemplo, dependen de diversos factores, entre los que son los más importantes el clima, el suelo, las enfermedades, los métodos de cultivo y la capacidad productiva de la variedad empleada. Veamos qué posibilidades tiene el hombre para intervenir en cada uno de estos factores, fundamentales para la productividad de los cultivos.

Sobre el clima su acción es nula, desde un punto de vista práctico; la capacidad de actuación del agricultor a este respecto se limita únicamente a amoldar su labor a las condiciones generales del clima de la región, o comarca en que tiene que actuar y someterse al azar de las variaciones climatológicas. En cuanto al suelo, si bien es difícil modificar sus características, cuenta el hombre con medios para corregir, hasta un cierto grado, sus defectos o su falta de fertilidad, mediante la práctica de labores adecuadas o el empleo de enmiendas o fertilizantes convenientes; sin embargo, no es mucho el progreso que puede lograr ya la ciencia sobre sus actuales conocimientos y, aun cuando sería inmensa la mejora de la agricultura mundial si todos los agricultores del planeta pudieran abonar en la proporción debida sus tierras, esta mejora acarrearía un considerable aumento en los gastos de cultivo - y quizá no fuera practicable por insuficiencia de la producción mundial en materias primas para abonos. Por otra parte, se trata de un progreso cuyo alcance ya se conoce, y sólo faltaría aplicarlo para lograr los resultados que de él pueden esperarse.

Algo parecido acontece con los métodos de cultivo; la ciencia agronómica ha llegado ya a un límite en la modificación de las prácticas culturales y sabe cuáles deben ser las normas aplicables a cada planta cultivada para aprovechar al máximo su capacidad de producción. Naturalmente que estos métodos no siempre resultan económicos y, en los casos en que lo son, no se han puesto en práctica con la generalidad que

fuera de desear; pero existen y no es probable que puedan conseguirse progresos de importancia con el descubrimiento de nuevos métodos de cultivo.

La defensa de las plantas contra enfermedades o insectos dañinos por medios directos, es decir, por el empleo de anti-criptogámicos o insecticidas, o aun por la lucha biológica, es materia en la que se han hecho notables progresos; rara es la plaga que no se pueda combatir eficazmente, pero a veces la defensa de las plantas no es económica y siempre lleva consigo gastos de consideración, trabajos extraordinarios y amincoración del rendimiento económico de la empresa.

En cambio, la capacidad productiva de las plantas con el empleo de la variedad más adecuada en cada caso, es factor esencial para una buena producción; lo mismo cuesta cultivar una variedad mala que una variedad buena. La mejora de plantas, al obtener variedades de mayor rendimiento cuantitativo por hectárea, o productoras de frutos o granos de mejor calidad, o resistentes a determinadas enfermedades, puede aumentar de modo importante el rendimiento agrícola, sin aumentar apenas, y aun reduciendo a veces los gastos de cultivo. En este campo, por ser la Genética una ciencia joven, se ha hecho todavía poco; los resultados logrados por los centros de investigación son en muchos casos tan sólo los primeros balbuceos de un trabajo que puede ser fecundísimo, y en el que esperamos a la ciencia agronómica conquistas de una grandísima trascendencia. En contraste con lo que sucede en relación con los restantes factores que intervienen en la producción

agrícola, en los que la ciencia ha llegado ya a límites difíciles de sobrepasar, en la capacidad productiva de las plantas, tanto cuantitativa como cualitativamente, hay todavía mucho camino que recorrer; y si es cierto que la aplicación de los principios genéticos ha dado a la humanidad en las principales especies cultivadas notables agrotipos, tales conquistas no son sino muestras de lo que el hombre puede conseguir con la aplicación de los principios genéticos.

Historia de la Genética

Los antecedentes de la Genética se encuentran en toda la rica gama de hipótesis emitidas por los hombres de ciencia, - para explicar el origen y formación de las especies, ya que - en realidad el objeto final de la Genética, y muy especialmente en su faceta de ciencia aplicada a la Agricultura y a la - Ganadería, es la de formar tipos nuevos, bien llegen a la categoría de especies o se limiten a la más modesta de variedades o razas. Por esta razón, existe una íntima relación entre la sucesión y desarrollo de las teorías evolucionistas y la - Genética, no siendo ocioso hacer aquí un breve resumen de - - aquellas teorías como antecedente obligado para el estudio de esta ciencia.

Hasta los tiempos de Linneo (1707-1778) había prevalecido la creencia de la inmutabilidad de las especies, es decir, se suponía que todas las especies existentes sobre la superficie del globo terráqueo habían sido formadas simultáneamente-

y, desde su origen, se habían reproducido idénticas a sí mismas, sin variaciones ostensibles. Carlos Linneo, genial botánico sueco, creador del sistema sexual de ordenación de las plantas, y de la nomenclatura binaria para denominar a las especies biológicas, definía éstas diciendo que, especie es el conjunto de seres que se parecen más entre sí que a los demás y que transmiten sus caracteres a sus descendientes, y expresaba claramente su pensamiento sobre la inmutabilidad de las especies con el siguiente aforismo: "Species tpt sunt diversae, quot diversas formas ab initio creavit infinitum ens."

Aún cuando Roberto Hooke, primero, y Buffon, después habían puesto ya en duda la inmutabilidad de las especies, puede decirse que en realidad surge el primer brote evolucionista al aparecer en 1809 la obra de Lamarck (*Philosophie Zoologique*). Juan Bautista Monnet, caballero de Lamarck, nacido en Picardía en 1744, dedicó sus primeros esfuerzos en el campo de las ciencias naturales al estudio de la botánica, que abandonó en 1795, para consagrarse a la investigación zoológica, al encargarse de la cátedra de invertebrados en el Jardín de Plantas de París. Fruto de sus estudios fueron la obra antes citada y su "Histoire Naturelle des animaux sans vertébrés", aparecida en 1801. En la "Philosophie Zoologique", de Lamarck se expone la teoría, novísima para su época, de que las especies no son inmutables, existiendo en ellas una constante variación que las hace evolucionar, modificándose de generación en generación. Para Lamarck, las causas de la variación están, de una parte, en la tendencia interna de todos los orga-

nismos a perfeccionarse, y de otra, en el medio ambiente, el cual, al modificarse, determina nuevos hábitos y nuevas necesidades en los animales; según él, no son los órganos de un animal los que determinan sus costumbres y sus facultades funcionales, sino que, por el contrario, sus géneros de vida y las circunstancias en que desarrollan su existencia son los que determinan la forma de su cuerpo y el número, disposición y estado de sus órganos. En la idea de que la función crea el órgano, está claramente condensada la interpretación de las causas de la morfología de los organismos.

Las ideas de Lamarck fueron duramente combatidas por la inmensa mayoría de los hombres de ciencia de su época; como la generalidad de los grandes innovadores, fue considerado como un excéntrico por sus contemporáneos, sobre los que sus doctrinas tuvieron escasa influencia.

Sin embargo, Lamarck tuvo algunos continuadores, entre los que destaca su colaborador en el Museo de Ciencias Naturales de París, Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844), quien, en apoyo del principio evolucionista y basándose en los principios lamarckianos, lanzó nuevas hipótesis que, si bien modificaban en ciertos puntos estos últimos principios, sirvieron para hacer progresar la creencia en el evolucionismo. Saint-Hilaire negaba la predisposición de los organismos a perfeccionarse y atribuía las transformaciones de las especies exclusivamente a la influencia del medio externo. Por otra parte, en tanto que Lamarck admitía que los organismos poseían la propiedad de adaptarse a las variaciones del medio

externo por cambios útiles en su organización, Saint-Hilaire concebía la posibilidad de cambios útiles y de modificaciones perjudiciales; no admitía que los seres vivos tuvieran la propiedad de responder al medio solamente con modificaciones morfológicas y fisiológicas útiles para ellos. Según él, la evolución favorable tiene lugar porque aparecen los organismos que sufren cambios perjudiciales y sobreviven tan sólo los que experimentan cambios útiles por la acción del medio. En algunas de las concepciones de Geoffroy Saint-Hilaire está el embrión de ciertas ideas que medio siglo después desarrolló Carlos Darwin.

Como Lamarck, Geoffrey Saint-Hilaire fue rudamente combatido, encontrando su más ilustre y calificado contrincante en Cuvier. Georges Cuvier (1769-1832), eminente sabio francés, constituye un caso notablemente paradójico; fundador de la Anatomía comparada y de la Paleontología, cuyas investigaciones han proporcionado las más concluyentes pruebas en favor de la evolución de las especies, fue el más encarnizado destructor de esta doctrina. Aferrado al concepto apriorístico de la inmutabilidad de las especies, no pudo derivar de sus geniales descubrimientos las consecuencias que más tarde se han deducido de ellos, para afirmar el criterio evolucionista. Al estudiar las capas geológicas del valle de París, Cuvier encontró una gran variedad de restos fósiles de animales extintos. Cuanto más profundas eran las capas geológicas, mayores eran las diferencias entre las formas desaparecidas correspondientes a cada uno de los organismos actuales. Para

conciliar sus ideas sobre la invariabilidad de las especies, con lo que sus propios descubrimientos iban revelando, emitió la teoría de los grandes cataclismos, nueva forma del Creacionismo de Linneo y sus antecesores. Según esa teoría, en la historia de la Tierra se han sucedido periódicamente grandes catástrofes, cuyo resultado fue la completa destrucción de toda la fauna en la región afectada. Una nueva creación sucedía a cada cataclismo, y esto explicaba las diferencias entre los fósiles de las distintas capas geológicas y entre éstos y las formas actuales.

Carlos Roberto Darwin (1809-1882) nació en Schrewsbury (Inglaterra). Siendo muy joven emprendió un viaje alrededor del mundo, a bordo del "Beagle", recorriendo las costas del viejo mundo y del nuevo mundo y muchas islas de ambos océanos este viaje incluyó notablemente en sus ideas científicas y le proporcionó un considerable número de datos y observaciones que le sirvieron eficazmente para elaborar su teoría. La célebre teoría de Darwin se basa en los cuatro principios siguientes:

a) La variabilidad.- Que determina la variación entre los organismos de cada especie.

b) La lucha por la vida.- Que se establece entre todos los seres, pues sin ella el planeta sería pronto insuficiente para contener a todos los descendientes aparecidos en él.

c) La selección natural.- Que elimina a los seres peores, perpetuando únicamente a los que mejor se adaptan para la lucha por la existencia.

d) La herencia.- Que transmite de generación en generación los caracteres fijados por medio de la selección natural.

La selección darwinista, a pesar de su sólido fundamento científico y de las numerosas pruebas en que se apoya, adolece de errores capitales, plenamente demostrados hoy; tales son, principalmente, la aceptación con carácter general de la herencia de los caracteres adquiridos, generalidad negada hoy por la ciencia biológica y la influencia predominante de las variaciones ecológicas, como factor de evolución. Sin embargo, su mérito es extraordinario, pues con sus geniales concepciones de la lucha por la existencia y la selección natural y la enorme masa de pruebas presentadas en sus trabajos, demostró de un modo pleno la existencia de la evolución, haciendo cambiar la opinión de los naturalistas.

Al lado del nombre de Darwin, merecen figurar los de otros naturalistas que, como Wallace, Spencer, Huxley y Haeckel, fueron paladines de la causa de la evolución, aclarando, completando y hasta modificando las teorías del primero, y aun cuando hoy no se sigan exactamente las ideas de tales hombres de ciencia, hay que reconocer que a ellos corresponde el mérito de haber incorporado a la ciencia tan apasionante problema y de haber iniciado hipótesis e interpretaciones de los fenómenos biológicos, que son los antecedentes inmediatos de las actuales creencias, de tal modo que cuando hoy se niegan algunas de las afirmaciones de aquellos hombres, nadie duda -

de la doctrina transformista basada en la variación, sino tan sólo de las interpretaciones emitidas por ellos para explicar el mecanismo de la evolución.

La más importante aportación posterior a las hipótesis - de Darwin, en relación con la evolución, se debe a Weissman.

Este biólogo establecía de un modo concluyente, en 1870, que los individuos poseían dos clases de caracteres: unos, resultado de sus propiedades peculiares, que dependen exclusivamente de los caracteres de sus progenitores; otros, causados por la acción del medio externo. En todo individuo cabe - distinguir, según Weissman, dos fracciones materiales: una, - la más importante, que está destinada a morir con el indivi-
duc, la que forma todos los órganos y tejidos del organismo y que él llamó "somatoplasma"; otra, de mucha menor importancia cuantitativa, que se desprende del organismo para dar origen a su descendencia; esta fracción, llamada "germoplasma", es potencialmente inmortal.

Más tarde, otro naturalista, Johannsen, sometió a examen más preciso lo que pudiéramos llamar la especie elemental o - jordaniana, el jordanón, lo mismo que Jordan había analizado - la especie lineana. Los experimentos de Johannsen, sobre las judías, o frijoles, de enorme trascendencia para la Genética, y muy especialmente para la Genética aplicada, le llevaron a - obtener, dentro de cada raza o especie jordaniana, varias unidades diferencias, que él llamó líneas puras y que, al pare-
cer, ya eran constantes en sus propiedades, de generación en -

generación.

Juan Gregorio Mendel, abad del Monasterio de Brunn, en Moravia, realizó sus trabajos de investigación en el jardín de su monasterio, estudiando la herencia de los caracteres de los guisantes, o chícharos. Llegó a establecer leyes muy concretas y a formular hipótesis de gran importancia, que fueron publicadas en el año 1866, en el boletín de la Sociedad de Historia Natural de Brunn. El estudio de las leyes de Mendel forma parte principalísima de la Genética.

Thomas H. Morgan, biólogo norteamericano recientemente desaparecido, que, partiendo de los principios mendelianos y del caudal de conocimientos citológicos que posee la humanidad, y trabajando preferentemente sobre el díptero Drosophila melanogaster, ha formulado la teoría cromosómica de la herencia. Numerosos discípulos, colaboradores y continuadores de Morgan, entre los que destacan Müller, Sturtevant, Bridges, Painter, Dobzhansky y Darlington, han contribuido a completar y afianzar con nuevas investigaciones y descubrimientos esta teoría que forma el cuerpo central de las ideas que hoy se aceptan para explicar la herencia y la variación en los seres vivos.

Al terminar la segunda Guerra mundial se alzó con cierta violencia, frente al concepto, ya clásico no obstante su juventud, de la herencia y la evolución, el punto de vista de un grupo de biólogos rusos, que seguían a Trofim Lisenko, y que basándose en ciertas investigaciones de indudable interés

y en los trabajos relativamente lejanos de Iván Michurin, - creían poder justificar la herencia de los caracteres adquiridos por la influencia normal del medio y poner en duda los postulados de la teoría cromosómica de la herencia y de la interpretación del fenómeno evolucionista basado en ella. Sin embargo, las argumentaciones de esta pretendida nueva escuela biológica, a pesar de basarse en hechos experimentales dignos de consideración, no eran suficientemente sólidas para comprometer la validez de las teorías aceptadas por la mayor parte del mundo científico. Actualmente el apoyo a las ideas de Lisenko y adeptos se ha atenuado de modo notable y el mundo de las ciencias sigue aceptando, incluso en la U.R.S.S. (actualmente C.E.I.), de un modo general las concepciones de Mendel y Morgan.

En estos últimos años se han registrado algunos hechos que constituyen importantísimas aportaciones a la Genética. Uno es el éxito obtenido por el Prof. Benoit, al provocar la aparición de ciertos caracteres en una raza de patos, mediante la inyección en los tejidos de material nucleínico de otra raza distinta, lo que contribuye a aclarar la acción de los genes. Otro es la síntesis de los ácidos nucleínicos en laboratorio lograda por el doctor Salvador Ochoa, que abre insospechados horizontes a la Genética aplicada, con la posibilidad de que un día se puedan producir ciertos genes útiles artificialmente. Por último, ha sido una aportación de trascendencia a la filosofía de la evolución, la aceptación de esta doctrina por la Iglesia Católica, que siempre había sido su

detractora más encarnizada. En los trabajos del padre Teilhard de Chardin, que la Iglesia no ha rechazado, se admite plenamente la evolución de las especies tal como la interpretan los hombres de ciencia, considerando que la creación sigue ante nuestros ojos y que la evolución no es sino una fase aún no cerrada de dicha creación.

La Genética Vegetal

Los vegetales tienen una importancia fundamental en cualquier ecosistema, porque son los productores en una cadena alimenticia; asimismo, son indispensables para la alimentación humana. Desde que inició la agricultura, el hombre ha buscado mejorar la productividad de las especies vegetales cultivables.

La selección de las semillas ha sido un método empírico que el hombre ha utilizado para buscar la mejora genética. El método experimental se ha usado desde el siglo pasado con esta finalidad y desde que la citogenética ha avanzado en este siglo, se ha utilizado de manera eficaz, también con este fin. En la década de los 60's se llegó a llamar a este avance "La Revolución Verde". Las expectativas a futuro para buscar el mejoramiento genético de los vegetales para la alimentación humana, son realmente excelentes y se tiene verdaderamente la esperanza de ayudar a combatir el hambre que asola a muchas naciones del mundo. Aunque también hay otros factores que influyen en tan noble objetivo y que pueden contribuir o frenar su realización.

Procuramos introducir varios temas generales sobre el estudio de los vegetales, tales como: flor, fruto, fecundación, polinización, etc., con la finalidad de ofrecer un con texto más amplio sobre los vegetales.

Reproducción de las Fanerógamas

Fanerógamas (*Phanerogamae*), término cuyo significado indica que se trata de vegetales con órganos sexuales aparentes o visibles a simple vista.

Estas plantas pueden ser hermafroditas, monoicas, dioicas y polígamas, autógamas y alógamas. Asimismo, aparte de la capacidad de reproducción por vía sexual, las fanerógamas poseen la de multiplicarse asexualmente o vegetativamente, por medio de fragmentos de su organismo (estacas o acodos). Rizomas, bulbos.

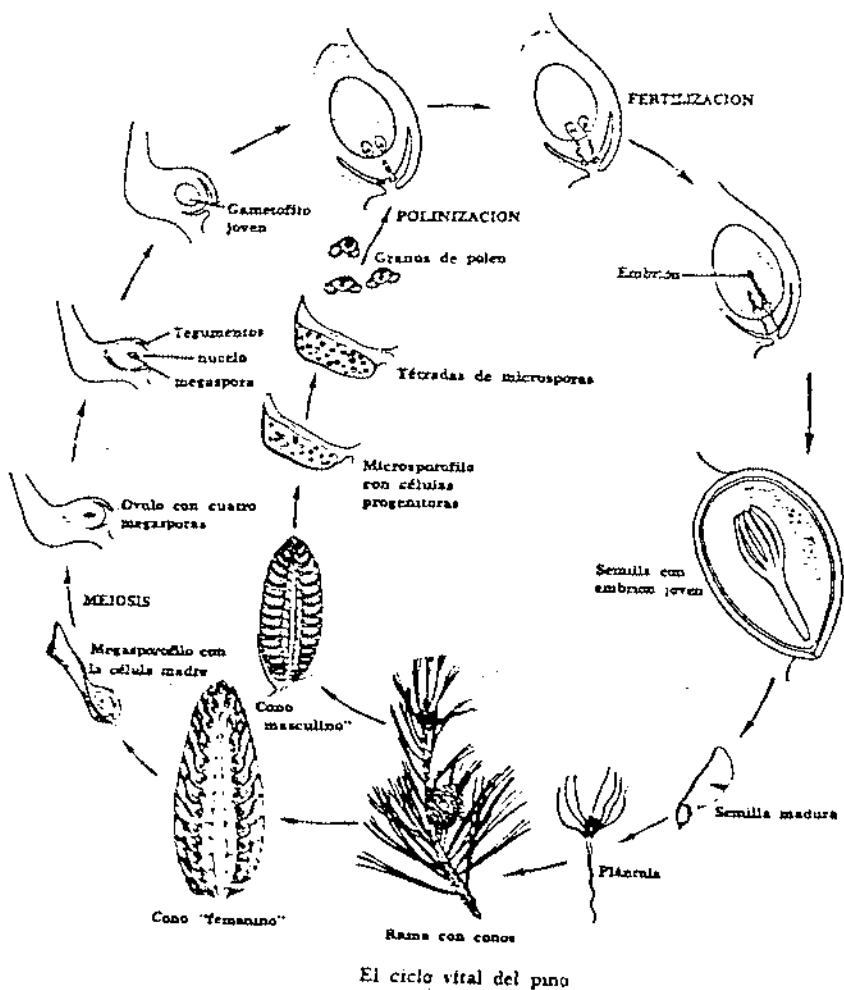
Son vegetales pluricelulares, macroscópicos, pequeños o grandes, generalmente tienen clorofila y son autótrofos, aunque existen algunos sin esa sustancia, siendo entonces saprófitas o parásitos. La mayoría de ellos son vasculares y están provistas de raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas (habiendo algunas excepciones).

Uno de los caracteres más importantes es que sus órganos sexuales se encuentran en agrupamientos llamados flores; estructuras que encierran a los órganos reproductores: androceo y gineceo. Y en otras épocas están provistas de frutos que incluyen a las semillas.

Tomando en cuenta caracteres diferenciales muy importantes y estables, la División Embryophyta Siphonogama se clasifica en dos grandes subdivisiones:

- 1a. Gymnospermae: Se caracteriza por tener sus óvulos y semillas desnudas.

2a. Angiospermae: En estas plantas los óvulos se hallan encerrados en el ovario y las semillas en el fruto.



Gymnospermae (Gimnospermas)

Comprenden plantas leñosas de tipo arbóreo o arbustivo, cuyo tronco tiene crecimiento secundario en grosor, mediante el cambium. Las hojas son generalmente caríáceas y su follaje es perenne. Son plantas monoicas y dioicas con flores carentes de perianto. Las flores masculinas están formadas por un número determinado de estambres, con el aspecto de escamas. Los granos de polen son llevados por el viento hasta el micrópilo de los óvulos situados en las flores femeninas, en donde se adhieren y forman dos espermatozoides ciliados o células espermáticas. Las flores femeninas están constituidas por carpelos y brácteas; los óvulos tienen un saco embrionario con dos esferas; al madurar, originan semillas no recubiertas por un pericarpio. Las semillas presentan un número variable de cotiledones (dos o más) y un endospermo.

Viven comunmente en los climas fríos y templados.

Hay cinco divisiones de gimnospermas que abarcan 650 especies agrupadas en muchos géneros y diversas familias. Esas divisiones son:

- a) Las cicadofitas o cicadas (Cycadinae).
- b) Ginkgoifitas (Ginkgoinae), compuesta de una sola especie, la Ginkgo. Biloba.
- c) Las coniferofitas (Coniferae).
- d) Las gnetofitas (Gnetum).

Angiospermae (Angiospermas)

Comprende vegetales del más variado porte: desde plantas herbáceas, semileñosas y leñosas; su duración es anual, bianual, plurianual y perenne. Sus raíces son pivotantes, o bien, fibrosas. Los tallos subterráneos en algunas y aéreos en la mayoría; los primeros pueden ser rizomas, tubérculos, y bulbos; y los segundos son erguidos, rastreros y trepadores. Gran parte de estas plantas tienen cambium y por consiguiente crecimiento en grosor en sus raíces y tallo (dicotiledóneas), carecen de dicho meristemo y del citado crecimiento.

Son plantas hermafroditas, monoicas, dioicas o polígamas; con flores hermafroditas o unisexuales; desnudas o periantadas; aisladas o formando inflorescencias de tipo muy diverso. La polinización es directa o cruzada. El saco embrionario del óvulo contiene una sola ovocélula llamada oosfera. Los frutos encierran a las semillas, las cuales además de sus tegumentos y de las reservas, poseen un embión con uno o dos cotiledones.

Algunas son acuáticas y otras epífitas, pero la inmensa mayoría viven como terrestres, encontrándose en los climas cálidos, templados y fríos, así como las zonas húmedas y desérticas.

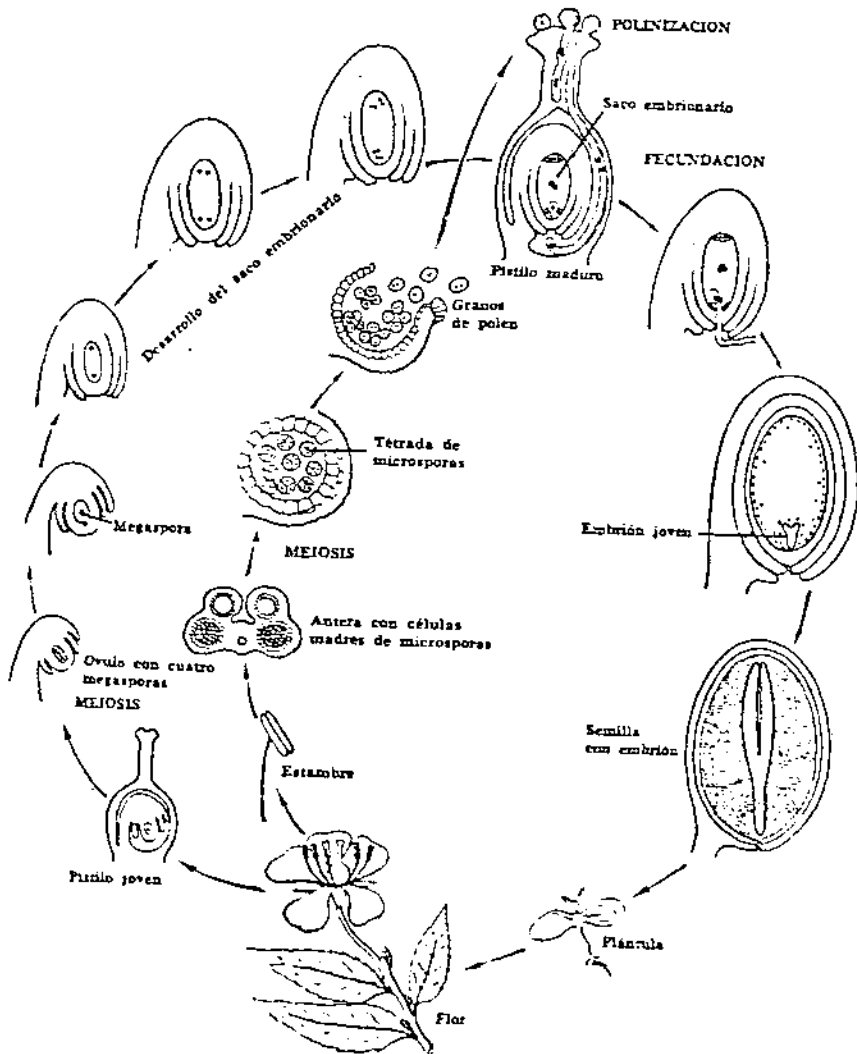
Constituyen las plantas más importantes para el hombre, puesto que entre ellas se encuentran las que principalmente se utilizan en la alimentación, en la industria y la medici-

na.

La subdivisión Angiospermae comprende dos grandes clases, que de acuerdo con la clasificación de Engler, se colocan en la siguiente forma:

1a. Monocotyledonea: Plantas cuya semilla tiene un sólo cotiledón.

2a. Dicotyledonea: Planta cuya semilla tiene dos cotiledones.



El ciclo vital de una angiosperme

Reproducción Asexual por Multiplicación Vegetativa

Esta consiste en la división de la planta progenitora - en dos o más partes, cada una de las cuales se vuelve independiente. Una propiedad característica de la mayoría de las plantas es que una pequeña parte del cuerpo (particularmente se incluye una yema) cuando se separa y se coloca bajo condiciones favorables, reemplazará las partes faltantes y se convertirá en un nuevo individuo. Esta capacidad de multiplicación se usa extensivamente en los varios métodos de propagación vegetal, donde se producen nuevos individuos mediante acodos, esquejes y procesos semejantes. De una manera un tanto similar, las células de una yema o ramilla de una planta puede estar íntimamente unidas con las de otra, mediante el injerto de yema o de púa. Este prospera al crecer como parte integral de la planta, a la cual se ha transferido.

Un grupo de plantas descendientes de un sólo individuo - por reproducción vegetativa y por lo tanto genéticamente idéntica, se llama un clon.

- Existen 3 formas de multiplicación vegetativa, que son:
- 1.- FRAGMENTACION. En muchas plantas la reproducción de esta clase es un acompañamiento constante de la extensión y dispersión lenta y constante.
 - 2.- ACCIDENTE O DESCOMPOSICION. Algunas partes de éste se separan una de otra, formándose una colonia de plantas, a partir de un sólo individuo. Los extremos de las ramas arqueadas pueden entrar en contacto con el suelo y arraí

zarse allí, como sucede con frecuencia, como en el caso del frambleso.

- 3.- **ESTRUCTURAS ESPECIALIZADAS.** En muchas especies se ha originado estructuras que están particularmente adaptadas para establecer nuevos individuos por medios vegetativos. Aquí pueden mencionarse los estolones de plantas, como la fresa, que son tallos modificados; y el tubérculo de la patata (papa), que es un tallo subterráneo, corto y muy engrosado, de cuyas yemas se originan nuevas plantas.
- 4.- **ESPORAS.** Entre muchas de las algas y hongos, la reproducción asexual se efectúa por medio de células simples especializadas, tales como muchos tipos de esporas, cada una de las cuales, bajo condiciones favorables, puede producir un nuevo individuo.

Reproducción Sexual de los Vegetales

La característica esencial de la reproducción sexual es la unión de dos células sexuales especializadas o gametos, para formar una sola. El huevo fertilizado o cigoto, del cual se desarrolla un nuevo individuo.

Las plantas superiores de semillas tienen un aparato reproductor complejo, conocido como Flor. Esta consta típicamente de la estructura que interviene directamente en el desarrollo de las células sexuales, junto con otras que inter-

vienen indirectamente en el proceso de reproducción.

Partes de una Flor

Una flor completa típica consta de cuatro verticilos. - El cáliz hacia el exterior, inmediatamente hacia dentro está la corola; interviniendo ambos sólo indirectamente en el proceso de la reproducción. Le siguen en orden, los estambres - (androceo) y los pistilos (gineceo), en donde se desarrollan las células sexuales masculinas y femeninas, de cuya unión se desarrolla el nuevo individuo. Todas estas estructuras están sujetas directamente o indirectamente al receptáculo.

CALIZ. Está formado por sépalos, generalmente estas partes florales son verdes y de apariencia semejante a las hojas. Con frecuencia son algo coriáceas y funcionan principalmente como protección de las estructuras florales interiores delicadas.

COROLA. Se encuentra dentro del cáliz, formada por un verticilo de estructuras anchas aplanadas, los pétalos. Son de textura mucho más delicada que los sépalos y con frecuencia de colores vivos. Su función principal es atraer a aquellos insectos que son útiles para efectuar la polinización. - Esto se logra, ya sea por colores conspicuos u olores atractivos, o por la secreción de una sustancia dulce -el néctar- de las glándulas o nectario, generalmente cerca de la base de la corola.

El cáliz y la corola juntos forman el perianto de la -
flor.

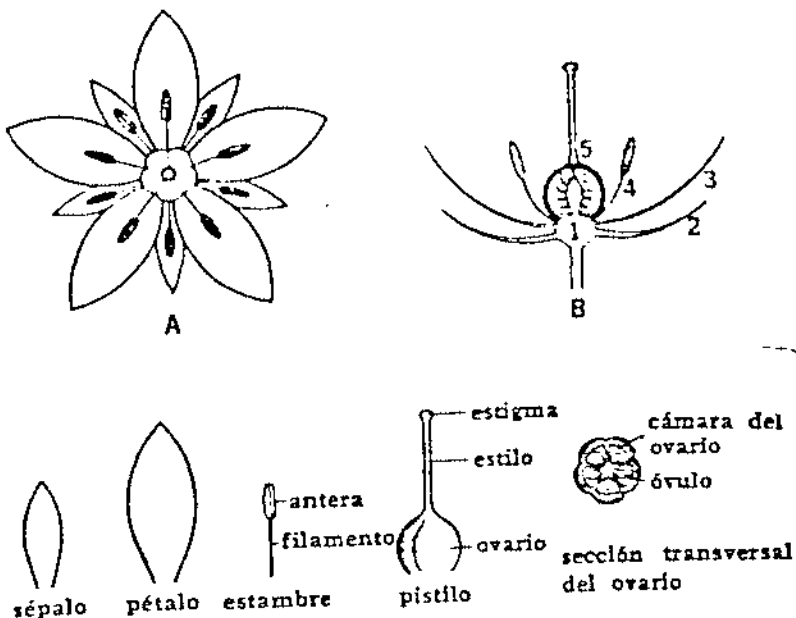
ANDROCEO (ESTAMERES). Cada estambre consta de un órgano terminal, la antera, sujeto en la mayoría de las especies - por un talluelo o filamento. La antera contiene generalmente dos sacos polínicos. El polen se desprende, cuando está maduro, por la abertura de la pared del saco polínico. Dentro de cada grano de polen se hallan dos gametos masculinos y un núcleo del tubo. Los granos de polen varían en tamaño, desde un diámetro de menos de 0.01 mm, hasta células muy grandes - de 0.25 mm de anchura, fácilmente visible a la simple vista. El carácter del polen hace con frecuencia posible la identificación de la clase de planta de donde provino.

GINECEO (PISTILO). La cima de la flor está ocupada por un pistilo o pistilos dentro del cual se desarrollan los óvulos o semillas potenciales. Cada unidad del pistilo es un carpelo, que encierra los óvulos en una cavidad o cámara, conocida como ovario. En su extremo se halla el estigma, un órgano que es pegajoso o rugoso, de modo que atrapa y sujeta - los granos de polen.

Cuando el gineceo consta sólo de un carpelo, se dice -- que es simple, como en la vaina del frijol. Cuando un sólo - gineceo representa la función más o menos completa de dos o más carpelos, es completa.

Los óvulos dentro del ovario están sujetos a él en un punto definido, conocido como placenta. La porción central -

del óvulo o núcleo está rodeada por dos capas o tegumentos.- Dentro del núcleo está el sacc embrionario, que contiene un grupo de células entre las cuales se halla el gameto femenino o huevo. La fertilización de un huevo por un gameto masculino de un grano de polen, inicia el crecimiento del embrión y la serie de cambios que dan por resultado la transformación del óvulo en la semilla.



La estructura de la flor de una planta de semilla dicotiledonea (diagramática). A, vista frontal de una flor, mostrando su cáliz de cinco sépalos, su corola de cinco pétalos, sus diez estambres, y su pistilo. B, sección longitudinal, mostrando las relaciones entre las partes. 1, receptáculo. 2, cáliz. 3, corola. 4, estambres. 5, pistilo, con el ovario cortado longitudinalmente

Inflorescencia

El acomodo de las flores en la planta se conoce como la inflorescencia. Las flores pueden ser solitarias, emergiendo de la tierra, o individualmente en las axilas de las hojas; o las hojas pueden estar reducidas a pequeñas brácteas, los entrenudos acortados y las flores agrupadas así en conjuntos. Tales grupos varían en forma y acomodo.

Los tipos más importantes entre éstas son: el Racimo, en donde la inflorescencia tiene un eje alargado y las flores individuales están sujetas a pedicelos de longitud esencialmente uniforme, produciendo un grupo alargado y suelto, como en la mugueta; la Espiga, semejante al racimo, excepto que las flores individuales nacen directamente del eje, sin pedicelos, como en el llantén; el Amento, una inflorescencia semejante a una espiga o cono de flores secas y pegajosas, ya sean estaminadas o pistiladas únicamente, que se desprenden totalmente del tallo, como en el sauce; el Corimbo, una inflorescencia de ápice plano, donde el eje principal es alargado y los pedicelos individuales son desiguales en longitud, como en el zarapico; la Cabeza, donde el eje es corto y las flores individuales sésiles, produciendo una inflorescencia compacta, como en el trébol rojo; la Umbela, donde el eje es corto pero las flores individuales se hallan en pedicelos de aproximadamente la misma longitud, o donde de cada rama primaria del grupo que asimismo se asemeja a una umbela porta una umbela, de modo que toda la inflorescencia es una umbela compuesta, como en la zanahoria silvestre. Un racimo-

compuesto o panícula, es característico de muchos zacates. - Cuando las primeras flores en abrirse se hallan en el ápice o en la parte interna de la inflorescencia, limitando así el crecimiento del tallo floral y las posteriores se hallan progresivamente más abajo o más afuera, la inflorescencia se llama determinada, o una cima. El alsine es un ejemplo común.

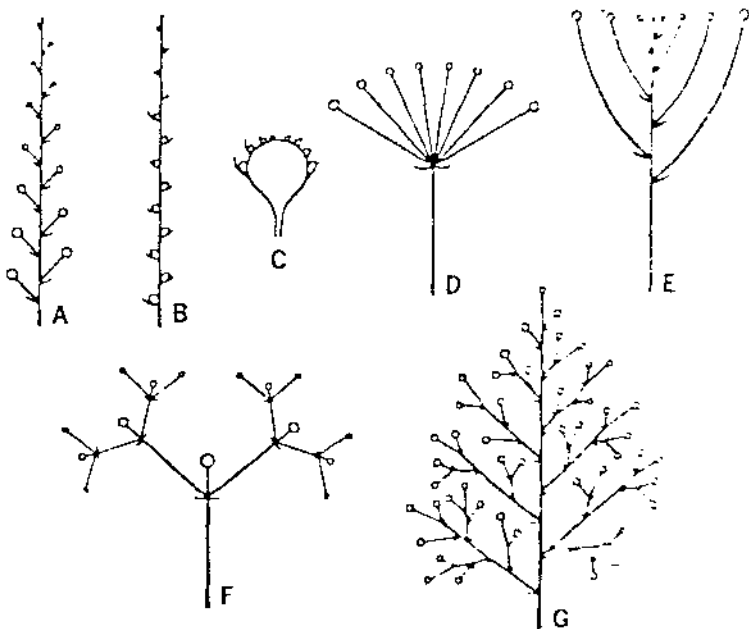


Diagrama que muestra la disposición de las flores en los tipos más comunes de inflorescencia. A, racimo; B, espiga; C, cabeza; D, umbela; E, corimbo; F, cima; G, panícula

Polinización

El primer paso para lograr la reproducción, es la transferencia del polen de las anteras al estigma, el proceso de polinización. Aproximadamente al mismo tiempo que la flor se abre, también lo hacen las anteras para liberar los granos de polen. Algunas veces el estigma se halla tan cercano a las anteras que el polen es transferido a él directamente y puede suceder antes de que la flor se abra. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la transferencia se efectúa por algún agente externo y el polen de una planta es llevado con frecuencia a las flores de otra.

Los agentes polinizadores más importantes son: el viento y los insectos.

EL VIENTO. Las flores polinizadas por el viento tienen una exposición prominente en la planta, pero generalmente son pequeñas, inconspicuas, unisexuales, polen abundante, seco, ligero y estigma plumoso. La cantidad de polen producida por tales plantas es con frecuencia muy grande.

LOS INSECTOS. Las flores polinizadas por los insectos son conspicuas o poseen aroma notable. El insecto es atraído por la flor, por el color o el olor; el polen se adhiere fácilmente a su cuerpo veloso y así es transportado de flor en flor. Entre tanto, con frecuencia en contacto con un estigma, a cuya superficie pegajosa es transferido.

Las abejas son más importantes que cualquier otro, en la polinización, aún cuando algunas mariposas diurnas y noc-

turnas son también eficientes. Los colibríes polinizan sólo -
cierto tipo de flores.

Fecundación

La polinización es el primer paso hacia la unión de los gametos masculino y femenino conocido como fecundación. Aunque el grano de polen es una sola célula, no es el gameto masculino. Aproximadamente en el momento de la polinización, el núcleo del grano del polen se divide en dos, uno de los cuales, el núcleo del tubo, queda libre en el citoplasma. El otro núcleo se rodea de una capa propia de citoplasma, algunas veces con una pared de separación y se conoce como la célula generativa. Poco después de que el polen ha alcanzado al estigma, germina al contacto con el fluido estigmático. La gruesa pared del grano del polen revienta en el punto, o poro germinal, extendiéndose hacia afuera del grano un tubo polínico de paredes delgadas. Cerca del extremo de éste se mueve el núcleo del tubo, seguido de la célula generativa. Este tubo crece hacia abajo a través de los tejidos del estilo (que en algunos casos es hueco o parcialmente hueco) llevando el contenido del grano de polen al interior del ovario hasta el óvulo. Mientras tanto, la célula generativa se divide en dos núcleos masculinos o espermias, que son verdaderos gametos masculinos.

El tubo polínico sólo tiene que crecer ordinariamente unos cuantos milímetros, aunque la distancia es algunas veces

más larga. La velocidad de crecimiento varía considerablemente y está determinada tanto por factores ecológicos como por la constitución genética del polen y del tejido del estilo. - La dirección del crecimiento del tubo polínico parece estar gobernada por un estímulo químico que atrae el extremo del tubo directamente al micrópilo.

En este momento el óvulo se ha preparado para la fecundación. Los tegumentos se hallan bien desarrollados, el núcleo es sólo una capa delgada abajo de ellos. Toda la porción central del óvulo está ocupada por el saco embrionario, que es una pequeña cavidad llena de savia con tres células en cada extremo y dos núcleos polares cerca de su centro. Las células del extremo del saco más alejadas del micrópilo no toman parte en la fecundación o en el desarrollo de la semilla. Sin embargo, de las tres del extremo micropilar, la que se distingue por su mayor tamaño es el gameto femenino, o huevo. El ápice del tubo polínico entra al micrópilo y revierte, descargando los dos gametos masculinos con su citoplasma asociado en el saco embrionario. Uno de los gametos femeninos se fusiona ahora con el núcleo de la célula huevo. Esta unión forma el huevo fecundado. De esta célula única se desarrolla todo el embrión de la semilla, del cual se desarrolla la planta joven.

La fecundación efectuada por gametos de la misma planta se conoce como autofecundación; la efectuada por gametos de plantas diferentes, como fecundación cruzada.

La fecundación del huevo por una célula masculina no es-

la única unión celular que tiene lugar en este momento, pues el otro núcleo masculino se fusiona con los dos núcleos polares, y de la célula así formada se origina el endosperma, o tejido de reservas alimenticias de la semilla, mediante numerosas divisiones celulares. Las células del endospermo contienen tres veces el número haploide básico de cromosomas, ya que son producidas por la fusión de tres núcleos.

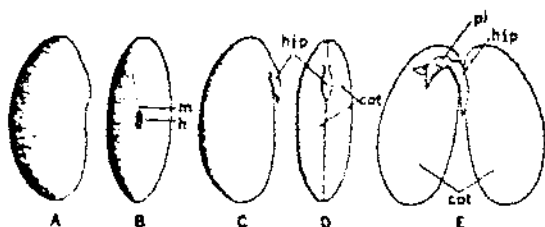
Formación de la Semilla

El huevo fecundado comienza a desarrollarse en una planta joven o embrión. Un grupo de células dividiéndose activamente es llevado al centro del saco por el desarrollo de una larga hilera de células, el suspensor y de este grupo terminal empieza a diferenciarse el embrión característico de la semilla ma dura. Mientras tanto, el óvulo sufre una serie de cambios hasta convertirse en la semilla. Toda la estructura crece notablemente en tamaño. Los tegumentos aumentan su grosor, se vuelven duros y leñosos y se cierran sobre el micrópilo, que aparece en la cubierta de la semilla como una cicatriz o hilo, es el punto en el cual la semilla se separa del funículo, que la unía a la placenta.

En las plantas dicotiledóneas el embrión se diferencia en tres partes distintas: el hipocotileo, o talluelo primitivo, la raíz y la plúmula o yema, insertada entre los cotiledones.

Entre las plantas monocotiledóneas el endosperma se ha--

lla siempre bien desarrollado, y el embrión relativamente pequeño, consta de un disco plano; el escudeteo, a cuya cara se halla adherida una plúmula o yema que apunta hacia arriba forrada por una vaina o coleóptilo; y una raíz minúscula que apunta hacia abajo, o radícula.



La estructura de una semilla. A y B, vistas lateral y frontal de una semilla de frijol (judía); C y D, vistas lateral y frontal del embrión después de haber quitado las cubiertas de la semilla; E, los dos cotiledones separados, para mostrar la plúmula en su interior. m, micrópilo. h, hilio. cot, cotiledones. hip hipocotileo, pl, plúmula

Desarrollo del Fruto

El término fruto, en el sentido botánico es usado para denotar la parte de la planta en la cual se encuentran las semillas. Consiste esencialmente del ovario maduro, pero también puede incluir otras partes florales las cuales también están conectadas al ovario.

Inmediatamente después de la fecundación se efectúan cambios notables en las partes florales. Los pétalos y los estambres se marchitan y desprenden, el ovario comienza a agrandarse y su pared se engruesa y madura para formar el pericarpio.

La diferencia de tamaño entre el ovario y el fruto puede ser relativo. Evidentemente la fecundación inicia un estímulo - que da por resultado el crecimiento de los tejidos del ovario, pues a menos que sus óvulos sean fecundados, un ovario no se convierte en fruto, excepto en los raros casos de partenocarpia.

Un fruto verdadero es el que procede únicamente del ovario. Si deriva de sépalos, pétalos o receptáculos, además - del ovario, se habla de fruto accesorio.

Los frutos verdaderos o accesorios pueden ser de tres - tipos generales:

FRUTOS SIMPLES. Que maduran a partir de una flor de un sólo pistilo, por ejemplo, cereza y dátil.

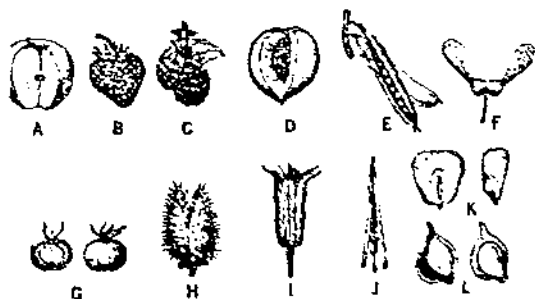
FRUTOS AGREGADOS. Que maduran a partir de una flor con varios pistilos, ejemplo: frambuesa y zarzamora.

FRUTOS MULTIPLES. Derivados de un grupo de flores que - se unen para formar un sólo fruto, como la piña.

Se clasifican también en: frutos secos, al ser maduros - comprenden tejidos secos y duros. La pared del ovario forma una cáscara dura que rodea la semilla. Un tipo de fruto seco es la nuez; la parte comestible es la semilla que se encuentra dentro de los tegumentos del fruto o cáscara.

FRUTOS CARNOSOS. Son enteros o parcialmente blandos, ya - que las células del pericarpio o de otras partes se llenan - de agua y están repletos de reservas nutritivas (almidón, - azúcar, etc.), por lo que tienen gran importancia para la -

alimentación. En este grupo se distinguen las bayas, los pomos y las drupas.



Varios tipos de fruto. A, pomo (manzana); B, fruto agregado, receptáculo carnoso (fresa); C, fruto agregado, pericarpio carnoso (zarzamora); D, drupa (durazno); E, legumbre (arveja o chícharo); F, sámara (arce); G, baya (tomate); H, cápsula (toloache, *Datura*); I, folículo (espuela de caballero); J, silícula (el fruto característico de la familia de la mostaza y de la col); K, grano (maíz); L, semenno (rúnculo)

Mitosis

Los detalles de la reproducción celular fueron dilucidados, en células animales, en la segunda parte del siglo XIX por Walther Fleming, y en células vegetales por Edward Strasburger y otros investigadores. Se descubrió la intervención de dos procesos interrelacionados: (1) la mitosis, o división nuclear; y (2) la citosinesis, o cambios en el citoplasma que incluyen la división de la célula propiamente dicha.

La parte más importante de la división celular, que es la replicación del DNA, al parecer ocurre antes de que se puedan observar los cambios relacionados con las primeras etapas de la mitosis; esto fue demostrado por autorradiografías en haba, aves de corral y otros materiales vegetales y animales; para ello, células sacadas de un medio radiactivo, H^3 -timidina, se cubren con una película fotográfica que al ser revelada indica el grado de incorporación de la timidina en los cromosomas. Estos estudios demostraron que la replicación del DNA, tanto en la mitosis como en la meiosis, ocurre durante el estado de interfase, anterior al inicio de la división celular. Así, el complejo genético esencial de cada cromosoma duplicado y de cada célula hija se encuentra ya completo antes de que la célula inicie la secuencia de las etapas visibles de su división.

Los nombres de interfase (entre divisiones), profase, metafase, anafase y telofase se asocian con las etapas del ciclo mitótico continuo, por su conveniencia en la descrip--

ción de los cambios que en él ocurren; las etapas de profase y telofase de la mitosis por lo general son largas, mientras que la metafase y la anafase suelen ser breves.

Durante la interfase los cromosomas presentan una apariencia delgada, desenrollada y filamentosa, pero a principios de la profase se van acortando, espiralizando y se vuelven más discernibles conforme avanza el proceso mitótico. Su marcado acortamiento va acompañado por una disminución del número de espiras con un concomitante incremento en el diámetro de cada una de ellas. Eventualmente, en preparaciones fijas y teñidas, cada cromosoma completo presenta una apariencia sólida, con forma ovalada o alargada y dos filamentos. Cada uno de estos filamentos es una cromátida y se produjo durante la interfase. Las cromátidas se pueden observar al final de la profase en los numerosos organismos vegetales y animales que se prestan a la observación cromosómica. Al final de la profase, las dos cromátidas de cada cromosoma están firmemente unidas en una zona de constricción visible llamada centrómero, cinómero o cinetocoro. El centrómero constituye el punto de adhesión de las fibras del huso en el cromosoma. Cada una de las dos cromátidas se conecta por una sola fibra a un polo diferente del huso.

Al final de la profase, los cromosomas discretos empiezan a ocupar el centro o plano ecuatorial de la célula, la membrana nuclear y el nucleolo desaparecen de manera gradual y se crea una estructura en forma de huso. Los cromosomas agrupados en el centro presentan una configuración llamada

"placa ecuatorial". Esta etapa del ciclo de división celular se denomina metafase. Durante dicha etapa los cromosomas son particularmente discretos y espiralizados, facilitando así su conteo y sus relativas comparaciones estructurales.

Las cromátidas se separan primero a nivel del centrómero y luego en toda su longitud; esta separación marca el principio de la anafase. Cada unidad posee ahora su propio centrómero, por lo que se convierte en un cromosoma; entonces los cromosomas se alargan modificando su patrón de espiralización y se desplazan hacia los respectivos polos del huso. La duplicación y separación de las cromátidas se ajustan a la descripción de los modelos de Roux.

Durante la telofase se vuelve a formar una membrana nuclear alrededor de cada núcleo hijo y reaparecen los nucleolos. En la etapa final, citocinesis, de la división celular, se divide la parte citoplásmica de la célula; las células animales, con sus membranas exteriores flexibles logran esto mediante una constricción que converge en sus dos lados y finalmente separa a las dos células hijas. La superficie que rodea al ecuador se constriñe hacia el centro hasta dividir a la célula en dos porciones. Las células vegetales, con sus paredes rígidas, forman un muro de separación o placa celular entre las células hijas. Una vez que se forma la lámina central (placa celular), se depositan paredes de celulosa en ambos lados.

En los materiales vivos cada división celular, es decir

la mitosis, junto con la citocinesis, constituye un proceso continuo que comprende desde el momento en que la célula por primera vez parece empezar a dividirse, hasta que estén totalmente formadas las dos células hijas. Todo este proceso - por lo regular requiere desde unas cuantas horas hasta varios días, dependiendo del tipo de organismo y de ciertas condiciones ambientales. Las fases mitótica o cariocinesis y citocinética o división citoplasmática constituyen procesos distintos pero coordinados entre sí.

Meiosis

La formación de gametos, tanto en las plantas como en los animales, requiere de una reducción del número cromosómico, desde $2n$ hacia n . El proceso meiótico en sí es similar al que ocurre en los animales, pero el ciclo vital de las plantas es algo más complicado. Por lo general la formación de los gametos no sigue directamente a la meiosis. La esporogénesis en las plantas implica la formación de esporas y no de células sexuales. Las esporas producen gametofitos y los gametos provienen de los gametofitos en que el número de cromosomas ya está reducido.

Una alternación de generaciones entre una fase haploide y diploide del ciclo vital de una planta puede separar a la reducción del número cromosómico de la fecundación en la reproducción vegetal. Este sistema con dos fases constituye -

virtualmente una característica de todas las plantas. Las plantas diploides, llamadas esporofitos, sufren una meiosis para producir esporas con un número cromosómico reducido. Las esporas se convierten en gametofitos haploides que al fin producen gametos capaces de fecundar.

Los cigotos que resultan de esta fecundación se convierten en esporofitos, completándose así el ciclo. Las fases de formación de esporofitos y gametofitos varían en duración e importancia de acuerdo con la planta en que ocurren.

Los detalles de la microesporogénesis, es decir, de la formación de las esporas, consta de varias etapas, tomando como ejemplo el centeno (*Secale cereale*): a) etapa del cigoteno; b) etapa del diploteno; c) diacinesis, en que se pueden apreciar siete bivalentes y un nucleolo; d) e) metafase I; f) telofase I; g) metafase II y anafase II; y, h) telofase II.

La sinapsis se puede observar en varias partes de la configuración cromosómica. La etapa del diploteno. En la diacinesis y la metafase I se pueden observar siete bivalentes. Las etapas posteriores en la primera y la segunda división se representan con las resultantes cuatro series haploides de cromosomas. Después de la división del citoplasma se forman cuatro microesporas independientes. Un grano de polen se forma a partir de cada microespora.

La secuencia meiótica en la porción femenina de la planta por lo general es similar a la que ocurre en su contrapart-

te masculina. Empieza en el núcleo de la célula madre del saco embrionario. Después de la profase meiótica, la célula madre se divide dos veces para formar cuatro primordios del saco embrionario (megasporas). Tres de ellos se reabsorben y - la única megaspora funcional sufre una serie de divisiones - meióticas, para acabar formando al saco embrionario.

Uno de los ocho núcleos llega a convertirse en un óvulo dos se fusionan para forman un núcleo $2n$ más voluminoso del que se originará después el núcleo endospermico y, en la mayoría de las plantas con semillas, se reabsorben los otros - cinco núcleos.

gametogénesis

Con algunas excepciones, todas las células normales son capaces de reproducirse a si mismas; sin embargo, las células sexuales o germinales pueden iniciar la reproducción de todo un organismo. Una secuencia especial llamada gametogénesis, o formación de gametos haploides femeninos o masculinos propicia el desarrollo de células sexuales. La gametogénesis incluye a la meiosis (del griego: reducir). Durante la meiosis el número cromosómico se modifica desde un número diploide o $2n$, característico de las células somáticas o de unas - células germinales inmaduras, al número haploide o n , que cacteriza a las células germinales maduras. La gametogénesis incluye también la diferenciación de los óvulos y de los espermatozoides -un proceso necesario para su funcionamiento-.

Los óvulos de los animales suelen acumular materiales nutritivos que sustentarán al embrión por un breve lapso; los espermatozoides de la mayoría de las especies animales poseen un flagelo que les permite desplazarse en forma independiente.

El tubo polínico contiene tres núcleos, o sea, el núcleo vegetativo o dos núcleos germinales. Los núcleos germinales se llevan a través del micropilo al saco embrionario y realizan el proceso de doble fecundación característico de las plantas superiores. Un núcleo masculino se fusiona con un núcleo femenino y produce al cigoto $2n$, que se divide varias veces hasta formar el embrión de la semilla. El segundo núcleo masculino se une con los dos núcleos polares para formar un núcleo de triple fusión que se divide repetidas veces en las típicas plantas de semilla para formar el nutritivo endospermo de la semilla.

El proceso de la doble fecundación introduce material genético del progenitor masculino en el tejido endospermico, lo mismo que en el embrión. Por tanto, se puede esperar la representación de la herencia tanto materna como paterna. Esta influencia hereditaria de los genes del polen progenitor en el endospermo se llama xenia. Por ejemplo, cuando a una variedad de maíz con granos blancos la poliniza otra con granos amarillos, el endospermo de los granos híbridos presenta un color amarillo. El gene dominante determinante del color amarillo y que proviene del polen se llega a expresar en el endospermo en la misma forma en que se esperaba que lo hicie

ra en el tejido embrionario.

El número diploide de los cromosomas se restaura en el óvulo fertilizado del que surge el embrión vegetal. Así, a través de la fecundación se combinan las aportaciones genéticas de cada ejemplar progenitor. La subsecuente y continua división mitótica de las células, y en las plantas el crecimiento de unas células individuales, producen un nuevo individuo, representativo de la especie a la que pertenecen sus progenitores.

fecundación

Se llama fecundación o fertilización a la fusión de dos gametos, fusión de la cual resulta el embrión del nuevo ser.

En los animales, la fertilización ocurre cuando un espermatozoide penetra dentro del óvulo maduro y el núcleo haploide del óvulo se fusiona con el núcleo haploide del espermatozoide. De esta manera, el cigote resultante es diploide, habiendo recibido un cromosoma de un progenitor y el cromosoma homólogo del otro progenitor para cada par. El cigote inicia sucesivas divisiones somáticas y de esta manera se produce finalmente el nuevo individuo.

En las angiospermas, el proceso de fertilización es un poco más complicado. El grano de polen se pone en contacto con el estigma y germina, emitiendo un tubo por el cual se vacía su contenido. Este tubo penetra al estilo, llegando al

ovario, y, finalmente, entra por el micropilo del óvulo al -saco embrionario. Cerca de la punta del tubo van dos núcleos generadores, quedando el núcleo del tubo bastante retrasado.

Uno de los núcleos generadores del polen se une con el núcleo del saco embrionario, y el otro núcleo generador del polen se fusiona con el núcleo generador del óvulo. El núcleo resultante de la fusión de un núcleo haploide del polen con el núcleo diploide del saco embrionario, es triploide y contiene doble número de cromosomas de procedencia materna - que los que contiene procedentes del grano del polen. En cambio, el cigote resultante de la fusión de un núcleo haploide del grano de polen con el generador del óvulo, también haploide, es diploide y en él cada cromosoma proviene de un progenitor y el cromosoma homólogo correspondiente procede del otro. Ambos núcleos se dividen repetidas veces por mitosis somática y, finalmente, el cigote produce el embrión; el núcleo fertilizado del saco embrionario produce el endospermo, en tanto que las paredes del óvulo, que son de origen totalmente materno, al desarrollarse producen el pericarpio. En la semilla resultante el embrión contiene igual número de cromosomas procedentes de cada uno de sus dos progenitores; el endospermo contiene doble número de cromosomas de origen materno que los que proceden del progenitor masculino, y el pericarpio contiene exclusivamente material materno; al germinar la semilla se desarrolla el embrión, en tanto que el endospermo y el pericarpio se desintegran, de manera que, por lo que se refiere al contenido cromosómico, el nuevo in-

individuo contiene dosis idénticas en cantidad, de cada uno de sus progenitores.

Sin embargo, hay que hacer notar que en las angiospermas realmente tiene lugar una doble fertilización, y, puesto que el polen interviene en la formación del endospermo, es lógico esperar que el endospermo esté influido en sus caracteres por la clase de polen de que se haya formado, siendo posible que el gameto masculino afecte sus caracteres en forma semejante a como afecta a los del cigote. A la influencia del polen sobre tejidos diferentes al embrión se la denomina xenia.

AUToFECUNDACION Y FECUNDACION CRUZADA. Se llama autofecundación a la fecundación en que ambos gametos proceden del mismo individuo. Se dice que la fecundación es cruzada cuando los gametos que se fusionan proceden de individuos diferentes.

Es evidente que en las plantas dioicas la fecundación es forzosamente cruzada, como ocurre en los animales.

En las plantas monoicas de flores unisexuales, el polen y el óvulo pueden proceder de la misma planta y, por tanto, reproducirse por autofecundación, pero es más frecuente la fecundación cruzada, siendo llevado el polen de la planta en que se produce, a la flor femenina, a la planta que va a fecundar por el aire o por insectos.

En las plantas hermafroditas hay mayor facilidad para que tenga lugar la autofecundación, puesto que los dos game-

tos se forman dentro de la misma flor; hay algunas plantas - en que la disposición de la flor es tal, que hace muy difícil la intervención del polen producido por otra flor; así ocurre, por ejemplo, en la flor del frijol, de corola amariposada, en la que los pétalos envuelven tan completamente los órganos genitales que quedan aislados del exterior y sólo puede fecundar a los estigmas el polen de la misma flor, asegurándose la autofecundación. Sin embargo, existen casos en que, a pesar de ser las plantas hermafroditas, la autofecundación es imposible, pues por razones morfológicas, estilos más largos que los estambres, o por razones fisiológicas, fechas distintas en la maduración de los gametos, es imposible que los estigmas de una flor sean fecundados por el polen de ella misma. Las plantas en que se presenta este caso y, en general, todas aquellas monoicas en que no puede verificarse la autofecundación, se dice que son autoestériles.

AUTOGAMIA Y ALOGAMIA. Cuando una especie se reproduce - de tal modo que los gametos que se unen para formar el cigote proceden del mismo individuo, se dice que la reproducción es autógena. Cuando los dos gametos que se unen para la formación del cigote y, por tanto, del individuo nuevo, proceden de individuos o plantas diferentes, se dice que la reproducción es alógama. Las especies cuya reproducción es alógama, se llaman alógamas. Interesa hacer notar que una especie puede ser alógama y, sin embargo, ser monoica y tener flores incluso hermafroditas. La condición de autógena o alógama de una especie no depende de cómo y dónde puede formar gametos,

sino de cuáles de los gametos formados se unen entre si para constituir el cigote.

LA REPRODUCCION DE LOS ANIMALES SUPERIORES. Consiste como sabemos, en la fusión del espermatozoide con el óvulo. Para que este fenómeno tenga lugar, son indispensables las siguientes condiciones: a) la presencia de uno o varios óvulos maduros en un lugar favorable en las vías genitales femeni--nas, b) la existencia de un paso libre que permita a los espermatozoides franquear el cuello de la matriz, c) la presencía en las inmediaciones del cuello del útero o en la matriz misma de un número normal de espermatozoides normalmente - - constituidos, d) la ausencia en las vías genitales femeninas de toda secreción o sustancia espermatotóxica.

Cuando se reúnen las anteriores condiciones, el encuentro del óvulo y el espermatozoide puede verificarse en cualquier punto del trayecto que recorre el óvulo, desde el ovario hasta el útero. Lo más frecuente es que dicho encuentro tenga lugar en el oviducto.

La vitalidad de los espermatozoides dentro de los órganos genitales de la hembra es de duración muy variable; en la vaca, por ejemplo, dura cuarenta y ocho horas; en la gallina, dieciocho días. Esto nos dice que no es indispensable que el apareamiento coincida con la ovulación, aun cuando - sea conveniente. En general, en las especies domésticas la fecundación se realiza algún tiempo después de la aproximación sexual de los progenitores.

F) Genética Mendeliana

Obra Mendeliana

A Gregor Mendel (1822-1884) se le llama con justicia - "padre de la genética". Sus trascendentales experimentos con guisantes (Bisum sativum) chícharos, fueron realizados en un reducido espacio del jardín de un monasterio, al mismo tiempo que trabajaba como profesor sustituto. Las conclusiones que sacó de sus investigaciones, constituyen la base de la ciencia genética moderna.

Mendel no fue el primero en llevar a cabo experimentos de hibridación, pero sí fue uno de los primeros en considerar sus resultados en términos de caracteres aislados. Sus antecesores habían considerado organismos completos que incorporaban un nebuloso complejo de rasgos; por lo que no habían podido observar más que las diferencias que ocurrían entre progenitores y descendientes. Utilizando el método científico, Mendel ideó los experimentos necesarios, contó y clasificó los chícharos producidos por las cruza y formuló una hipótesis para las diferencias observadas. A pesar de haber elaborado un preciso patrón matemático para la transmisión de unidades hereditarias, Mendel no tenía idea alguna del mecanismo biológico que intervenía en ella. Sin embargo, con base en sus experimentos preliminares y sus hipótesis pudo predecir, y posteriormente confirmar los resultados de cruza ulteriores.

En 1900 el trabajo de Mendel fue descubierto simultáneamente por tres botánicos, Hugo de Vries, de Holanda, conoci-

do por su teoría de las mutaciones y sus estudios acerca de la primula y el maíz; Car Correns, de Alemania, quien había realizado investigaciones sobre el maíz, los chícharos y los frijoles; y Eric von Tschermak-Seysenegg, de Austria, quien había trabajado con varias plantas, incluyendo chícharos. Cada uno de estos investigadores con sus respectivos experimentos habían obtenido resultados que parecían confirmar los principios de Mendel. Al buscar información respecto a trabajos similares los tres descubrieron el trabajo de Mendel y lo mencionaron en sus respectivas publicaciones. En 1905 el inglés William Bateson dio el nombre de genética a esta nueva ciencia. Ideó el término basándose en una palabra griega que significa "engendrar".

Ley de la Segregación

En uno de sus experimentos Mendel cruzó variedades altas de chícharos con otras enanas. Toda la descendencia en la primera (F_1) generación (la F simboliza la inicial de la palabra "filial" que en latín significa progenie) fue alta. La característica enana había desaparecido en la generación F_1 . Después de que se autofecundaron las plantas híbridas altas y se clasificó su descendencia (segunda generación o F_2) algunas plantas resultaron altas y otras enanas. Una clasificación esmerada de estas plantas demostró que al estudiar un gran número de ellas, aproximadamente las tres cuartas partes de todas eran altas y una cuarta parte enanas. Para ser

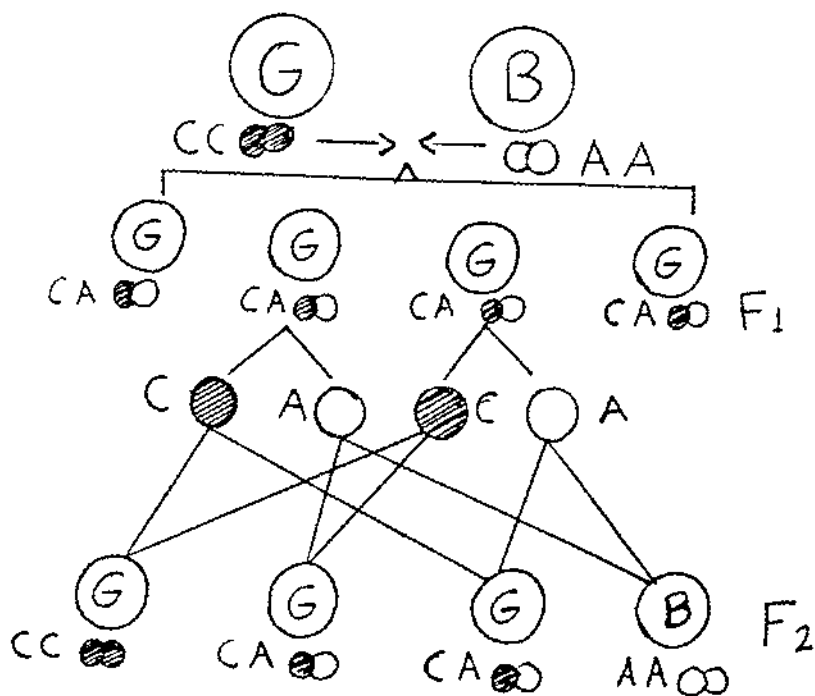
exactos, unas F_2 de 1064 ejemplares comprendió a 787 plantas altas y 277 enanas; lo que constituyó una proporción $3/4:1/4$ casi perfecta.

En este punto se pudo haber dado por concluido el experimento, pero para probar su hipótesis de que los factores independientes (genes) eran responsables de los patrones hereditarios observados, Mendel predijo lo que ocurriría en la generación F_3 y sembró las semillas producidas por la generación F_2 para probar su predicción. Con base en su hipótesis predijo que aproximadamente una tercera parte de las semillas amarillas de la generación F_2 iban a producir sólo semillas amarillas, mientras que las dos terceras partes de ellas producirían semillas amarillas y verdes. Esperaba que las semillas verdes de la generación F_2 fueran a producir únicamente semillas verdes. De las 519 plantas producidas por las semillas amarillas de la generación F_2 , 353 presentaron semillas amarillas y verdes en una proporción de aproximadamente tres amarillas por cada verde, y 166 de ellas no produjeron más que semillas amarillas. Tal como lo había anticipado Mendel, las semillas verdes de la generación F_2 originaron sólo plantas productoras de semillas verdes.

En otras cruza se estudiaron los otros cinco pares contrastantes de los siete que originalmente se seleccionaron. Un miembro de cada par dominaba sobre el otro en la misma forma en que el factor alto dominó sobre el factor enano. Mendel identificó a este miembro como dominante en contraste con el otro miembro recesivo. Las conclusiones sacadas por -

Mendel se basaron en su concepto de unidad de característica, que contrastaba notablemente con la creencia común en una "Herencia mezclada". Con base en buenas pruebas experimentales concibió a unos elementos físicos que se presentaban como pares de alelos o formas diferentes de un gene determinado. Por ejemplo, en los guisantes el gene que controlaba a la altura poseía dos alelos, uno para el carácter alto y otro para el carácter enano. El alelo correspondiente al carácter alto se comporta como dominante, mientras que el otro es recesivo. De igual modo, el gene relacionado con el color de las semillas posee dos alelos, uno dominante, correspondiente al color amarillo, y el otro recesivo y correspondiente al color verde. Durante la meiosis, los miembros de cada par de alelos se dividen para formar dos diferentes células sexuales o gametos y de ahí distintos descendientes. Mendel denominó a este proceso de separación o segregación "separación de los híbridos".

La deducción más significativa hecha a partir de los resultados que Mendel obtuvo fue la de separación de los pares de determinantes que producía la "pureza gamética". Este concepto de segregación identificado como el primer principio o Ley de Mendel es: la separación de genes apareados (pares de alelos) uno de otro y su distribución en células sexuales diferentes.



Ejemplo de hibridación entre un chícharo amarillo (CC carácter dominante) y un chícharo verde (AA carácter recesivo). En la primera generación, todos los chícharos híbridos, son amarillos (CA) en la segunda generación hay 75% de chícharos amarillos (25% de homocigotos CC y un 50% de híbridos CA) y un 25% de chícharos verdes homocigotos (AA).

Ley de la Transmisión Independiente

Mendel también cruzó plantas que diferían en cuanto a dos pares de alelos. En esta cruce, diseñada con el fin de esclarecer la relación de los genes en diferentes pares de alelos, cruzó plantas de semillas lisas y amarillas con otras productoras de semillas verdes y arrugadas. La generación F_1 producida por este tipo de cruces entre progenitores homocigos la constituyen híbridos (heterocigotos) para dos pares de genes. La generación F_1 la constituyen dihíbridos y, por extensión la cruce se llama cruce dihíbrida.

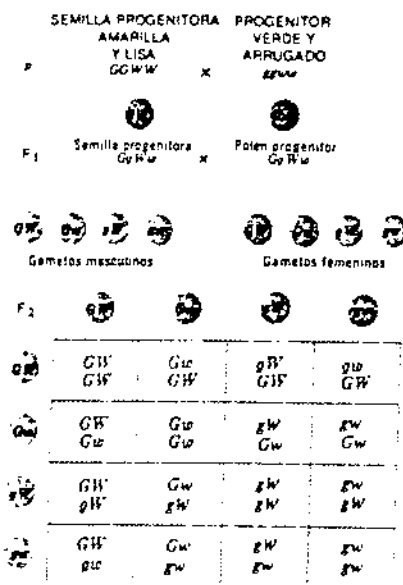
Estudios anteriores habían demostrado que los alelos correspondientes a los caracteres liso y amarillo eran dominantes sobre sus respectivos alelos productores de semillas verdes y arrugadas.

Todas las semillas de la F_1 que resultaron de esta cruce fueron lisas y amarillas, tal como Mendel lo esperaba. Cuando se permitió la autofecundación de los híbridos F_1 se observaron en la F_2 cuatro fenotipos distribuidos de acuerdo con un patrón definido. De un total de 556 semillas se obtuvo la siguiente distribución: 315 lisas y amarillas, 108 lisas y verdes, 101 arrugadas y amarillas y 32 verdes y arrugadas. Estos resultados reprodujeron con bastante fidelidad una proporción de 9:3:3:1. Mendel reconoció en ello el resultado de dos cruces monohíbridas de las que se esperaba una resultante proporción de 3:1 para cada una y que operaban juntas. El producto de las dos proporciones monohíbridas

$(3:1)^2$ o $(3+1)^2$ fue igual a la proporción dihíbrida $(3+1)^2 = (9+3+3+1)$, correspondiendo así a la ley de probabilidades - que dice: la probabilidad de que dos o más eventos independientes ocurran juntos es el producto de sus respectivas probabilidades independientes de ocurrencia.

Los resultados que se obtuvieron fueron los que se esperaban de la segregación de dos pares independientes de alelos, demostrando cada uno de ellos la dominancia de uno de sus miembros. No sólo se separaron los miembros de cada par de alelos sino que los pares de alelos de genes distintos se comportaron también en una forma independiente unos de otros. Por tanto, Mendel sacó otra conclusión, la de que los miembros de diferentes pares de alelos (incluidos en su estudio) se repartían independientemente en gametos. Este concepto, que implica las combinaciones independientes de distintos pares de alelos, se considera como su segundo principio. Los dos principios de Mendel se expusieron en un documento - titulado "Experimentos en la hibridación de plantas" que fue leído en 1865 ante la Sociedad de Historia Natural de Brunn- y publicado en 1866 en los archivos de dicha sociedad.

El principio de combinación independiente de Mendel tiene una aplicación práctica en el cultivo de plantas y la cría de animales. Las características deseables presentes en distintas variedades se pueden combinar y mantener en un tipo único. Por ejemplo, una variedad de cebada resistente a la roya era necesaria en una área infestada por la roya en -



Una semilla de chícharo amarilla y redonda, la producida por otra planta verde y arrugada, se cruzan ambas plantas; el híbrido de la primera generación filial tendrá los 4 caracteres; pero en los gametos, el carácter amarillo podrá estar junto con el arrugado y no necesariamente con el redondo.

los Estados Unidos. Sin embargo, la mejor de las variedades de cebada resistente a la roya, al igual que la mayoría de otras, tenía vaina en sus semillas y era difícil de trillar. Otra variedad no tenía vaina y se podía trillar limpiamente, como el trigo, pero resistía mal a la roya. Mediante cruzas apropiadas se combinaron estas dos variedades y se obtuvo una valiosa variedad resistente a la roya y sin vaina en el grano.

Trihibridismo

Prácticamente todas las plantas o animales de fecundación cruzada difieren en más de uno o dos pares de alelos. Por tanto, en los apareamientos que ocurren en poblaciones naturales suelen aparecer nuevas combinaciones de muchos genes. Un análisis genético de este tipo de cruzamiento puede resultar muy complicado; sin embargo, combinaciones complejas se pueden simplificar en muchos casos reduciéndolas a cruzas monohíbridas o utilizando fórmulas diseñadas para manipular a la vez varios factores que influyen en un mismo problema. Un cruzamiento entre progenitores homocigos que difieren en cuanto a tres pares de genes (es decir, que produce trihíbridos) implica combinaciones de tres cruzas monohíbridas que actúan conjuntamente.

6) Probabilidad

La prueba "t" de Student es un método estadístico que se utiliza para determinar la significancia de la diferencia que se observa entre las medias de dos muestras. Supóngase que un investigador desea poder confiar en 0.95 o en un 95%, es decir que quiera ser capaz de afirmar que la probabilidad de que "u" quede dentro de ciertos límites de cada lado de \bar{x} es de 0.95. Para este fin puede echar mano del concepto "t"-de distribución. La "t" se define como la diferencia entre la media de la muestra y la media verdadera dividida por $S_{\bar{x}}$:

$$t = \frac{(\bar{x} - u)}{S_{\bar{x}}}$$

Para "u", la ecuación se debe trasponer de la manera siguiente:

$$u = \bar{x} \pm tS_{\bar{x}}$$

El intervalo de confianza se puede obtener a partir de la fórmula en un determinado nivel de confianza. Un límite se encuentra del lado + de la media y el otro lado -. La tabla siguiente muestra la distribución de "t". Del lado izquierdo figuran los grados de libertad o n-1. Los valores "t" se encuentran incorporados en la tabla y las probabilidades correspondientes a estos valores figuran en la parte superior de la misma. Cuando se utiliza este instrumento un valor "t" apropiado de la tabla se substituye en la fórmula junto con la media de la muestra "x" y el error estándar $S_{\bar{x}}$. Luego se resuelve la ecuación para obtener el valor de "u".-

Con un nivel de confianza de 0.95, la probabilidad de obtener falsas informaciones con base en el muestreo es de 0.05. Los límites inferior (L_1) y superior (L_2) del intervalo de confianza se pueden establecer de la siguiente manera:

$$L_1 = \bar{x} - t \text{ at } 0.05 \text{ en el nivel } \times S_{\bar{x}}$$

$$L_2 = \bar{x} + t \text{ at } 0.05 \text{ en el nivel } \times S_{\bar{x}}$$

Estos límites son variables aleatorias. Sobrepuestos a la curva en forma de campana incluirán a la media "u" de la población en el 95% de las repeticiones del mismo experimento.

Ahora, leyendo $t = 1.984$ en la tabla y 100 grados de libertad, que es lo más cercano a $n-1$ o 121, substituyendo a los valores $\bar{x} = 11.95$ y $S_{\bar{x}} = 0.15$ para la muestra de plantas de guayule, se tiene:

$$L_1 = 11.95 - 1.984 (0.15) = 11.65$$

$$L_2 = 11.95 + 1.984 (0.15) = 12.25$$

Estos son los límites de confianza. Si unas afirmaciones basadas en muestras se hacen repetidamente con el objeto de que la media verdadera "u" quede dentro de estos límites, el 95% de ellas serán acertadas. Para niveles de confianza diferentes de 0.95 y otros niveles enumerados en la parte superior de la tabla, donde es necesaria una interpolación, se debe utilizar el cuadro presentado en el Apéndice.

En consecuencia, el "error estándar de la media" indica la confiabilidad con que la media de la muestra \bar{x} constituye

una estimación de la media de la población " μ ". Mientras más pequeño sea el error estándar más confiable será la estimación. Se puede observar en la fórmula que, conforme se incrementa el tamaño de la muestra " n ", tiende a disminuir el error estándar, e inversamente. Esta relación ilustra la ventaja de disponer de muestras grandes para obtener las mejores estimaciones posibles de unos parámetros.

La aplicación de tratamientos estadísticos a la genética brindó ventajas tanto indirectas como directas. Los requisitos estadísticos obligaron a los geneticistas a diseñar cuidadosamente cada experimento antes de iniciar sus investigaciones. En esta forma adquirieron una actitud más crítica con respecto a sus métodos y la interpretación de sus resultados experimentales. Ya se explicaron con base en errores de muestreo muchas variaciones que antes se atribuían a mecanismos genéticos.

CUADRO 1. PROBABILIDAD (P) PARA VALORES DE t (COLUMNAS VERTICALES)
Y VARIOS GRADOS DE LIBERTAD (g.l.)^a

Los grados de libertad son inferiores en uno al número de clases

g.l. \ P	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	3.169
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.947
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.845
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.787
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.750
50	0.680	0.849	1.047	1.299	1.676	2.008	2.678
100	0.677	0.846	1.042	1.290	1.661	1.984	2.626
x	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.576

^a Abreviado de la tabla 4 de (14^o Ed.) R.A. Fisher: Statistical Methods for Research Workers. (Copyright C 1972, por Hafner Press.)

Interacción genética

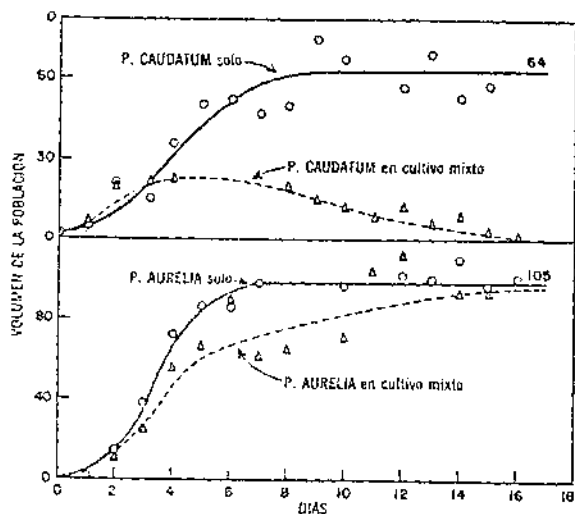
La acción de los genes en un organismo superior es parte de una cadena compleja formada de reacciones en desarrollo, así que sería sumamente extraordinario que un tipo específico de célula, tejido u órgano estuviera determinado por la acción de un gen solamente -sería ingenuo suponer que "vg" es el único locus concerniente con el desarrollo del ala en Drosophila. Además, algunos genes pueden tener efecto pleiotrópico sobre el fenotipo y pueden afectar varios caracteres aparentemente no relacionados- en los cordados una mutación que afecta la formación de un hueso puede tener influencia en la formación del sistema entero del esqueleto y, a su vez, afectar indirectamente el desarrollo de otros órganos en el cuerpo, por ejemplo, causando reducción del espacio en el cual se debe desarrollar un órgano.

Los miembros de dos especies de animales o plantas pueden actuar recíprocamente de distintas formas. Si cada grupo sufre efectos contrarios por la existencia de otro - en cuanto a búsqueda de alimentos, espacio o alguna otra necesidad, la interacción se llama "competencia". Dos especies pueden competir por el mismo espacio, alimento o luz, o para evitar depredadores o enfermedades. En cierto sentido, compiten por el mismo nicho ecológico. La competencia puede dar por resultado que se extinga una especie o se vea obligada a cambiar su nicho ecológico -emigrar o utilizar una diferente fuente de alimento-. Detenidos estudios psicológicos generalmente confirman la regla de Gause: sólo hay una especie en -

un nicho ecológico. Uno de los ejemplos fundamentales de la competencia lo dan los experimentos de Gause con grupos de protozoario Paramecium. Cuando se cultiva por separado cualquiera de dos especies muy semejantes, Paramecium caudatum o Paramecium aurelia, sobre una cantidad determinada de alimentos (bacterias), se multiplica y termina alcanzando una concentración constante. Pero si se ponen sobre el mismo cultivo ambas especies, con una cantidad de alimento limitado, al cabo de 16 días sólo se encuentra Paramecium aurelia. P. aurelia no atacó a la otra especie, ni secretó sustancias lesivas; sencillamente, tuvo un desarrollo ligeramente mayor, y por lo tanto, más facilidad en la competencia que entablaba por el alimento limitado.

Los estudios efectuados en la ecología de campo generalmente confirman también la regla de Gause. El cormorán y el cuervo marino son dos aves marinas que se alimentan de peces, anidan en acantilados, que a primera vista parece que han sobrevivido a pesar de que ocupan el mismo nicho ecológico. Pero el cormorán se alimenta de peces y camarones que habitan en el fondo, mientras que el cuervo marino caza peces y anguilas en los niveles superiores del mar. Un estudio más profundo demostró que estas aves típicamente escogen sitios ligeramente diferentes para anidar en los acantilados.

COMENSALISMO. En esta relación, dos especies pueden vivir juntas; una de ellas (el comensal) obtiene beneficio de la asociación, pero la otra no es dañada; el caso es especialmente frecuente en el mar. Prácticamente cualquier aguje



Experimento que demuestra la competencia entre dos especies muy semejantes de paramecios con nichos idénticos. Si se cultivan separadamente con una cantidad fija de alimento (bacterias) se obtienen curvas de desarrollo normales, en forma de S (línea continua) tanto para *Paramecium caudatum* como para *Paramecium aurelium*. Pero si se cultivan juntos, *Paramecium caudatum* es eliminado (línea de puntos) (Según Allen, W. C., col., *Principles of Animal Ecology*, Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1949. Según Gause.)

ro de gusano o concha contiene huéspedes no invitados que se benefician con el abrigo representado por el huésped pero no hacen ni bien ni mal a éste. Algunos gusanos planos se fijan a las branquias del cangrejo Limulus y obtienen su alimento con los sobrantes de su comida; están abrigados y transportados por el huésped, pero al parecer no lo afectan. Uno de los ejemplos más notables de comensalismo es el de un pez pequeño que vive en el extremo posterior del tubo digestivo de un equinodermo de donde entra y sale a voluntad. Estos peces, si se sacan del huésped que los protege, rápidamente son devorados por otros.

Si ambas especies se benefician por la asociación, pero pueden vivir en ausencia de ella, la unión se llama Protocooperación. Varios cangrejos ponen encima de sus conchas celentéreos de una variedad u otra, tal vez como camuflaje. Los celentéreos se benefician de la asociación, pues obtienen partículas de alimento cuando el cangrejo atrapa y come un animal. Pero ni el cangrejo ni el celentéreo dependen uno del otro en términos absolutos.

Si ambas especies se benefician de la asociación y no pueden vivir sin ella, hablamos de mutualismo. parece probable que asociaciones mutuas específicas comienzan como comensalismo y evolucionan por una etapa de protocooperación a una de mutualismo. El ejemplo clásico de este caso es la relación entre el comején y sus flagelados intestinales. El primero es famoso por su facultad de ingerir madera, sin poseer las enzimas necesarias para digerirla. Pero en sus in-

testinos se encuentran ciertos protozoos flagelados que - sí pueden digerir la celulosa de la madera hasta obtener azúcares. Aunque los flagelados emplean parte de este azúcar para su propio metabolismo, dejan muchísimo al comején. Este - no podría sobrevivir sin esta flora intestinal; al nacer, - los comejenes lamen instintivamente el ano de otro comején - para obtener buena cantidad de flagelados. Puesto que el comején pierde todos sus flagelados, junto con gran parte del revestimiento intestinal en cada muda, estos animales deben vivir en colonias, de modo que el que acabe de mudar pueda obtener de su vecino buena cantidad de flagelados. Estos últimos también son beneficiados por esta unión: obtienen muchísimo alimento y un medio adecuado; en realidad sólo puede sobrevivir en el intestino del comején.

INTERACCIONES NEGATIVAS. En ciertos tipos de asociaciones entre especies una de las especies es perjudicada por la otra. Si una es perjudicada pero la segunda no es afectada, la relación se denomina amensalismo. Los organismos que producen antibióticos y las especies inhibidas por los antibióticos son ejemplos de amensalismo. Penicillium produce penicilina, substancia que inhibe el desarrollo de muchas bacterias. Tal vez el hongo se beneficie por disponer de más cantidad de alimento cuando desaparezca la competencia por parte de las bacterias. Naturalmente, el hombre utiliza este fenómeno a su favor y cultiva Penicillium y otros hongos productores de antibióticos en grandes cantidades para obtener sustancias inhibitoras de las bacterias y combatir con ellas

las infecciones bacterianas. El empleo de estos agentes de inhibición de las bacterias ha tenido el efecto inesperado de aumentar la frecuencia de enfermedades por hongos; normalmente, parece que los hongos son dominados por la presencia de bacterias. Si éstas mueren por la presencia de antibióticos, los hongos patógenos tienen oportunidad de multiplicarse.

Sería completamente equívoco suponer que la relación entre huésped y parásito o rapaz y presa es nociva para el huésped o la presa, considerados como especie. Esto suele ser así cuando dichas relaciones se establecen en un principio; pero con el tiempo, las fuerzas de la selección natural tienden a disminuir los efectos nocivos. Si estos continuaran, el parásito aniquilaría a todos los huéspedes; sin otra especie para parasitar moriría también.

Los estudios de cientos de relaciones entre parásito y huésped o rapaz y presa, señalan que, en general, cuando las asociaciones se han estabilizado, el efecto a largo plazo sobre el huésped o presa no es muy nocivo y aún puede ser beneficioso. Inversamente, los rapaces o parásitos de reciente aparición suelen producir grandes estragos. Los parásitos de las plantas y las plagas de insectos que resultan más molestas para el hombre y sus cosechas suelen ser los que acaban de llegar a alguna zona nueva, y por lo tanto, tienen un nuevo grupo de organismos que pueden atacar.

Un ejemplo notable del resultado de trastornar una rela

ción entre rapaz y presa establecida y estabilizada es lo - que ocurrió en la meseta de Kaibab, al norte del Gran Cañón- del Colorado. En esta zona existían en 1907 unos 4000 ciervos y gran cantidad de animales que se alimentaban de ellos, por ejemplo, pumas y lobos. Con esfuerzo conjunto se buscó - "proteger" al ciervo al matar a los carnívoros; la población de ciervos aumentó mucho y, en 1925, había en aquella meseta unos 100,000 ciervos, o sea muchos más de los que podían alimentarse con la vegetación. Los ciervos empezaron a comer todo lo que estaba a su alcance, pasto, arbustos jóvenes y monte bajo, con lo que la vegetación resultó muy dañada. Ya no hubo bastante para alimentar al rumiante y en dos inviernos- muchos ciervos murieron de hambre. Finalmente, la cantidad - de ciervos disminuyó a unos 10,000. La interacción inicial - entre rapaces y presa había mantenido un equilibrio bastante estable, con un número de ciervos a una concentración que corespondía a la cantidad de alimento disponible.

El tamaño de la población depredadora en estado silvestre varía según el tamaño de la población en la que hace presa. Los cambios en el tamaño de la población depredadora van un poco a la zaga de los de la población que constituye su - presa.

1) GENETICA DEL SEXO

En cierto sentido, la genética se podría considerar una ciencia de potencialidades, ya que trata acerca de la información que se transfiere de padres a hijos así como también entre generaciones. Los geneticistas están interesados en saber el cómo y el por qué de estas transmisiones que constituyen la causa de ciertas diferencias y similitudes, las cuales es posible observar en grupos de organismos vivos. Sin embargo, no todas las variaciones que se observan en los seres vivos se heredan. Ciertos factores ambientales y de desarrollo son igualmente significativos y, por tanto, son de interés para el geneticista.

Por medio de observaciones y experimentaciones fueron establecidos varios conceptos básicos como principios de la genética. Estos son algunos de ellos:

1. El gene es la unidad de la herencia.
2. Los genes están dispuestos en los cromosomas en una secuencia lineal.
3. Por lo general los cromosomas son unidades independientes en las células de la reproducción (óvulo y espermatozoide), pero hacen pareja en óvulos fecundados y en las células somáticas que se desarrollan de óvulos fecundados.
4. Los miembros de un par de genes y cromosomas se dividen en diferentes células reproductoras.
5. Al formar los óvulos y espermatozoides los miembros-

de distintos pares de genes se recombinan independientemente de como lo hacen los otros pares de genes.

6. Los genes son unidades de ácido desoxirribonucleico (DNA) que tienen la capacidad de producir réplicas exactas de ellas mismas (autorreproducción). Contienen mensajes en clave que pueden ser transcritos y traducidos en polipéptidos, los cuales pueden ser enzimas o proteínas estructurales.
7. Los genes y cromosomas pueden sufrir cambios (mutaciones).
8. Determinados genes controlan la herencia de características cuantitativas (por ejemplo, tamaño o pigmentación).
9. Los genes presentes en las poblaciones tienden hacia un equilibrio, cuyo nivel puede ser modificado por factores como mutaciones migraciones y selección, fenómenos que constituyen la base para el origen de razas y especies.
10. Los patrones de herencia se asocian con diversos sistemas de acoplamiento (por ejemplo, endogamia o exogamia).

Estos y otros principios genéticos se explican detalladamente en este trabajo, para mejor comprensión.

Determinación del Sexo

Las primeras investigaciones en que se relacionó a la determinación del sexo con los cromosomas fueron realizadas a principios de este siglo. H. Henking, un biólogo alemán descubrió en 1891 que una determinada estructura nuclear se podía seguir durante toda la espermatogénesis de algunos insectos. La mitad de los espermatozoides recibía a dicha estructura y la otra mitad carecía de ella. Henking no especuló acerca del significado de este cuerpo, sino que se conformó con denominarlo "cuerpo X" y demostró que los espermatozoides diferían con base en su presencia o ausencia. En 1902 estas observaciones fueron verificadas y complementadas por C.E. McClung, quien hizo observaciones citológicas de muchas distintas especies de saltamontes y demostró que las células somáticas del saltamontes hembra poseían un número cromosómico diferente del de las correspondientes células del macho. Pudo seguir al cuerpo X en la espermatogénesis, pero no logró hacerlo en la oogénesis del saltamontes hembra. McClung asoció al cuerpo X con la determinación del sexo, pero se equivocó al considerarlo exclusivo de los machos. Es indudable que su interpretación habría sido distinta si hubiera podido seguirlo en la oogénesis.

Otras contribuciones básicas al conocimiento de la determinación del sexo fueron aportadas a principios de siglo por E.B. Wilson y sus colaboradores. Wilson informó acerca de extensas investigaciones citológicas realizadas con va---

rios insectos diferentes especialmente con el género Prote--
nor, que representa a un grupo poco común de insectos; en és
tos se observó diferente número de cromosomas en las células
germinales de los dos sexos. Wilson logró seguir la evolu--
ción tanto de la oogénesis como de la espermatogénesis y des-
cubrió que las células masculinas no reducidas poseían 13 -
cromosomas y que las femeninas tenían 14. Observó que algu--
nos gametos masculinos transportaban 6 cromosomas, mientras-
que otros, provenientes del mismo individuo, tenían 7. Todos
los gametos femeninos poseían 7 cromosomas. Los óvulos fecun-
dados por espermatozoides con 6 cromosomas producían machos-
y los fecundados por espermatozoides con 7 cromosomas produ-
cían hembras.

En esta forma se descubrió que el cuerpo "X" de Henking
era un cromosoma que influía en la determinación del sexo. Se
le identificó en varios insectos y se le denominó "cromosoma
sexual" o "X". Todos los óvulos de estos insectos poseían un
cromosoma X, pero éste no se encontraba presente más que en-
la mitad de los espermatozoides. Por otro lado, todos los es-
permatozoides poseían el complemento usual de otros cromoso-
mas (autosomas). Los óvulos fecundados por espermatozoides -
que contenían al cromosoma X produjeron cigotos con dos cro-
mosomas X, que resultaron ser hembras. Los óvulos que reci-
bieron espermatozoides carentes de cromosoma X produjeron ci-
gotos con solamente un cromosoma X, que resultaron ser ma--
chos.

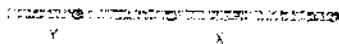
Wilson observó otra combinación de cromosomas en otro -

insecto: Lygaeus turcicus. En este insecto estaba presente el mismo número de cromosomas en las células de ambos sexos. Sin embargo, el que fue identificado como "pareja" del cromosoma X era notablemente más pequeño y se denominó cromosoma-Y. La determinación del sexo con base en números cromosómicos iguales para los dos sexos pero con distintos tipos de cromosomas en un par se llamó de tipo XY. Conforme fueron acumulándose datos de una más amplia variedad de animales se descubrió que el mecanismo XY era más común que el mecanismo XO. El tipo XY se considera ahora característico en la mayoría de los animales superiores y ocurre en por lo menos algunas plantas (por ejemplo, Melandrium album).

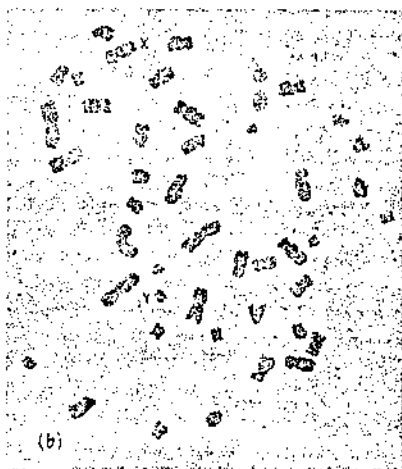
El hombre sigue igualmente el patrón XY: el cromosoma X humano es considerablemente más largo que el cromosoma Y. El complemento total de cromosomas humanos comprende 44 autosomas, con XX en la mujer y XY en el hombre. Los óvulos que la mujer produce durante la oogénesis poseen el complemento usual de autosomas (22), más un cromosoma X. Los espermatozoides del hombre tienen el mismo número autosómico, más un cromosoma X o bien Y. Los óvulos fecundados por un espermatozoide con un cromosoma Y producen cigotos que formarán a un individuo de sexo masculino; los que son fecundados por un espermatozoide con un cromosoma X dan origen a individuos de sexo femenino. De esta manera la segregación del par XY y la fecundación al azar explican, por lo menos superficialmente, por qué algunos individuos pertenecen al sexo femenino y otros al sexo masculino y por qué aproximadamente la mitad -



Fotomicrografía de cromosomas de saltamontes en la anafase de la primera división en la espermatogénesis. Doce cromosomas se encuentran del lado izquierdo del plano ecuatorial y 11 del lado derecho. La diferencia se debe al cromosoma X único (indicado por la flecha). Los cigotos que reciban a los cromosomas X de los espermatozoides producirán hembras y los que reciban a los cromosomas que carecen de cromosoma X producirán individuos machos. (Cortesía de A. M. Winchester, University of Northern Colorado.)



Representación
esquemática de los cromosomas X
y Y en el hombre, exhibiendo en
la meiosis un apareamiento
"extremo con extremo".



Cromosomas humanos. (a) Célula metafásica normal de la mujer con dos cromosomas X y 44 autosomas. (b) Célula metafásica normal del hombre con un cromosoma X, un cromosoma Y más pequeño y 44 autosomas. (Cortesía de J. H. Tjio y T. T. Pack, Department of Biophysics, University of Colorado Medical Center, Denver).

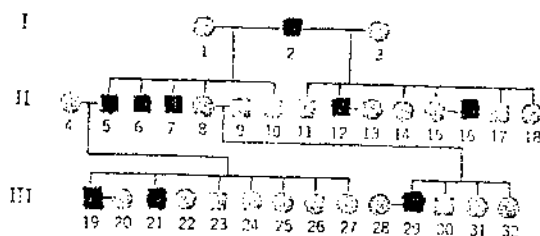
de los miembros de cada población de animales superiores son machos y la otra mitad hembras.

Históricamente hablando, la asociación del más conspicuo rasgo fenotípico, el sexo, con un determinado cromosoma, refuerza significativamente la hipótesis de que los genes se encuentran en los cromosomas. En un principio esta idea fue postulada en gran parte debido al paralelismo que se observó entre la separación de los cromosomas en el proceso meiótico y la segregación genética. Ciertas pruebas empíricas de que la determinación del sexo estaba controlada por un determinado cromosoma vinieron a apoyar en una forma tangible una premisa fundamental en el sentido de que los genes radicaban en los cromosomas.

Experimentos realizados con insectos plantearon una base para la especulación y nueva experimentación acerca del mecanismo de la determinación del sexo en organismos superiores. Sin embargo, como las hormonas de los invertebrados no son funcionalmente comparables con las hormonas esteroides de las aves y de los mamíferos, los animales como pollos y ratones fueron los más utilizados en experimentos acerca de las características sexuales secundarias (características que distinguen a los dos sexos pero que no desempeñan ningún papel activo en la reproducción) y las influencias hormonales en los fenotipos.

Herencia Ligada al Sexo

Un sexo puede ser uniforme en la expresión de cierto carácter y, sin embargo, transferir genes que pueden producir un distinto fenotipo en los descendientes del sexo opuesto, fenómeno que se denomina "expresión genética limitada al --- sexo". Al parecer, unas hormonas sexuales constituyen los factores limitantes en la expresión de ciertos genes. Por ejemplo, la calvicie prematura en el hombre se describió como un carácter con expresión genética limitada al sexo.



Árbol genealógico que indica la herencia de la calvicie precoz en un grupo familiar. Los hombres representados por los cuadrados coloreados ya eran calvos antes de llegar a la edad de 35 años. Los representados por los cuadrados grises ya tenían más de 35 años cuando se llevó a cabo el estudio y todos tenían abundante cabellera. Ninguna de las mujeres de esta familia manifestó el carácter.

Otros tipos de calvicie se asocian con anomalías en el metabolismo de la tiroides y con enfermedades infecciosas. Aproximadamente el 26% de los hombres mayores de 30 años son calvos en los Estados Unidos. Alrededor de la mitad de ellos se vuelven calvos prematuramente, es decir, entre los veinte y los cuarenta años; además, se sabe que la calvicie es más común en algunas familias que en otras. Diversos modos de he

rencia han sido asociados a este caracter por distintos investigadores, pero en un tipo particular de calvicie prematura que se basa en una expresi3n gen6tica limitada al sexo s3lo interviene un gene dominante, el cual no se llega a manifestar sino en presencia de un determinado nivel de hormona androg6nica. El nivel de esta hormona, necesario para permitir la expresi3n del gene, raras veces es alcanzado en las mujeres, pero s3 lo es en todos los hombres normales. La segregaci3n del gene determina qu6 hombres manifestar3n el car3cter. La figura anterior presenta un 3rbol geneal3gico con el patr3n hereditario de la calvicie en un grupo familiar.

La expresi3n de algunos genes est3 limitada al sexo por razones m3s b3sicas; por ejemplo, la producci3n de leche en el ganado vacuno y otros mam3feros se limita al sexo poseedor de las correspondientes hormonas y de gl3ndulas mamarias bien desarrolladas. Por ello, ciertos toros gozan de gran demanda entre los criadores de ganado lechero y los organismos que se encargan de la inseminaci3n artificial porque sus madres y sus hijas fueron buenas lecheras. La frecuencia de los partos en que nacen gemelos fraternos es hasta cierto punto hereditaria en las familias humanas. Las madres son las responsables inmediatas de este fen3meno, pero parecen existir pruebas de que algunos genes provenientes de sus padres pueden tambi6n influir en la tendencia a experimentar partos m3ltiples.

Herencia influida por el Sexo

La dominancia de algunos alelos puede diferir en individuos heterocigos de los dos sexos. Este fenómeno se denomina dominancia influida por el sexo. Los productos genéticos de los heterocigotos de ambos sexos al parecer están influidos diferencialmente por hormonas sexuales; por ejemplo, los genes autosómicos responsables de la presencia de cuernos en algunas razas de carneros se comportan en una forma distinta en presencia de las hormonas sexuales masculinas y femeninas más de un solo par de genes intervienen en la producción de los cuernos, pero suponiendo que son homocigos todos los demás genes, se puede manejar este ejemplo como si no intervinieran más de un sólo par de ellos. En la raza Dorset ambos sexos poseen cuernos y el gene que determina esta condición es homocigo ($h+h$). En la raza Suffolk ninguno de los sexos posee cuernos siendo su genotipo hh . Entre los descendientes heterocigos de la generación F_1 producida por cruzamientos entre estas dos razas aparecen machos con cuernos y hembras carentes de ellos. Dado que ambos sexos son genotípicamente similares ($h+h$), el gene se debe comportar como dominante en los machos y como recesivo en las hembras. En otras palabras en los machos sólo es necesaria la presencia de un gene para la expresión del carácter, pero el mismo gene debe ser homocigótico, para poder manifestarse en las hembras.

Cuando se cruzan entre si híbridos de la generación F_1 aparece una proporción de tres individuos con cuernos contra uno sin ellos entre los machos de la generación F_2 mientras-

que se observa la proporción contraria entre las hembras de la misma generación; los genotipos y fenotipos de ambos - - sexos aparecen en la tabla que a continuación se detalla:

EXPRESION DE ALELOS h EN UN CASO DE HERENCIA INFLUIDA POR EL SEXO

GENOTIPOS	MACHO	HEMBRAS
$h+h$	Con cuernos	Con cuernos
$h+h$	Con cuernos	Sin cuernos
hh	Sin cuernos	Sin cuernos

La única digresión del patrón original se observa en el genotipo heterócigo ($h+h$). En el macho este genotipo produce cuernos, pero las hembras que lo poseen carecen de ellos. Al parecer, la dominancia de este gene está influida por la hormona sexual.

Ha sido informado que siguen este modo de herencia algunos caracteres humanos, como cierto tipo de mechón de cabello blanco sobre la frente, la ausencia de dientes incisivos laterales superiores y cierto tipo de engrosamiento en las coyunturas terminales de los dedos.

V. POTENCIALIDAD DE LA GENÉTICA

La Genética es una ciencia que tiene en la actualidad - una gran cantidad de aplicaciones en muchas ramas de la acti vidad humana.

Se pueden citar varios ejemplos de cómo la Genética ha influido para mejorar y, en algunos casos, revolucionar va-- rias actividades que son vitales para la humanidad; tales co mo la agricultura, la medicina, la ganadería, etc.

Algunas de las aportaciones más importantes en los cam-- pos de las actividades humanas antes mencionadas, son las si guientes:

- Diagnóstico pre-natal y tratamiento de enfermedades - genéticas bioquímicas.
- La Ingeniería Genética, para el diseño de organismos- vivos capaces de fabricar productos útiles.
- Sistemas de reproducción y métodos de mejora genética de las plantas.
- Control biológico de plagas, por medio del conocimien to y manejo de los genes del huésped (planta) y del - parásito (insecto).
- Sistemas de reproducción y métodos de mejora genética de los animales.

Mencionaremos a continuación la forma en que se ha trabajado en cada una de las actividades anteriores.

A) Diagnóstico Pre-natal y Tratamiento de Enfermedades Genéticas Bioquímicas

En la actualidad se hacen diagnósticos prenatales, es decir, antes de que nazca un ser humano, de ciertas enfermedades cromosómicas, prácticamente sin riesgo alguno para la madre. Esto supone desde luego, que los diagnósticos los realizan personas competentes con acceso a los servicios necesarios y personal de laboratorio. Las pruebas de este tipo son bastante complicadas y no producen de inmediato resultados definitivos. Por fortuna, es posible extraer líquido amniótico y enviarlo sin peligro de deterioro a laboratorios especializados, aún cuando están alejados.

Las muestras se obtienen insertando una jeringa en la cavidad amniótica, es decir, la bolsa llena de líquido en que se desarrolla el feto; posteriormente, las células de estas muestras se cultivan en medios adecuados durante un período de diez días a tres semanas. Posteriormente se procesan y se preparan para su estudio durante la división celular, que es cuando los cromosomas se prestan a observación. Como estas células provienen todas del feto, cualquier anomalía cromosómica es indicadora de anomalías en el mismo.

Algunas de las enfermedades genéticas que se pueden de-

tectar en forma prenatal son las siguientes:

HIPERURICEMIA CONGENITA (SINDROME DE LESCHNYHAN). Una grave enfermedad del riñón, que se hereda por efecto de un gene recesivo ligado al sexo; lo que significa que la madre transmite un cromosoma X defectuoso a su hijo. Los niños que padecen esta enfermedad parecen normales al nacer, pero unos dos meses después se vuelven anormalmente irritables. Alrededor del segundo año de vida esta condición nerviosa avanza hasta un grado tal, que se observan actos de automutilación. La muerte que por lo general sigue a graves lesiones renales y neurológicas, suele ocurrir en el transcurso de pocos años.

Ha sido posible detectar esta enfermedad gracias a la presencia de dos enzimas en el líquido amniótico fresco de mujeres embarazadas.

DISTROFIA MUSCULAR JUVENIL. Depende también de un gene recesivo ligado al sexo. Cuando se conoce, ya sea por su genealogía o por pruebas actualmente ya en uso, que la madre es portadora de dicho gene, se puede anticipar que aproximadamente la mitad de sus hijos varones heredan la enfermedad. Los fetos de sexo masculino con elevado nivel de riesgo se pueden identificar mediante un estudio cromosómico.

SINDROME DE HUNTER. Se caracteriza por retraso mental, facciones toscas, hirsutismo, abundancia anormal de vello corporal y una apariencia facial característica que incluye el ensanchamiento del hueso nasal y una lengua anormalmente-

larga y proyectada fuera de la boca.

Esta enfermedad también se encuentra ligada al sexo y se relaciona con un cromosoma X, se puede detectar por métodos químicos mediante el análisis del líquido amniótico.

FENILCETONURIA. Una de las enfermedades genéticas más conocidas, esto debido a que en la publicidad que acompaña a los refrescos embotellados especialmente de cola, se anuncia que no deben tomarlos los fenilcetonúricos, debido a que contiene esta bebida una sustancia llamada fenilalanina que es un aminoácido.

Esta enfermedad consiste precisamente, en que el individuo que la padece es incapaz de metabolizar la fenilalanina, y ésta le produce severos trastornos, por lo cual debe evitar consumirla en los alimentos que la contengan.

La fenilcetonuria es tratable, pero no se puede detectar en la fase prenatal. Actualmente la mayoría de los estados de la Unión Americana exigen una prueba rutinaria al nacer. La prueba se efectúa observando un simple cambio de color de la orina. En nuestra opinión esta prueba también debería llevarse a cabo obligatoriamente en México, porque si esta enfermedad no es detectada a tiempo, puede provocar retraso mental en los niños que la padecen.

Esta enfermedad la transmite un gene autosómico recesivo y ocurre aproximadamente en uno de 18 000 partos vivos.

B) La Ingeniería Genética

El concepto de Ingeniería Genética se originó desde - - 1908 cuando Sir Archibald Garrod, médico de la familia real inglesa describió varias enfermedades como "errores innatos de metabolismo".

Desde un punto de vista mecánico, la Ingeniería Genética implica conocimientos básicos de biología celular y procedimientos para añadir, suprimir o alterar acciones enzimáticas dentro de la célula; ya que las enzimas que operan dentro de una célula se fabrican ahí mismo, la ocurrencia de mutaciones fortuitas puede crear nuevos seres capaces de sintetizar nuevas enzimas.

Algunos procedimientos de Ingeniería Genética para introducir información genética en forma de ADN o ARN en organismos vivos que no la tienen, es utilizando virus, debido a que su DNA entra a formar parte de la maquinaria genética de la célula huésped.

Actualmente el objeto de algunas investigaciones es inducir la producción de una determinada enzima en las células de un individuo que necesita esta proteína para ser saludable. Si un DNA defectuoso se pudiera sustituir directamente por DNA bueno, se podría curar a las personas que sufren alteraciones genéticas. En este tipo de terapia o cirugía genética los procedimientos comparativamente sencillos de Ingeniería Genética podrían mejorar el estado de salud de algunos pacientes.

Sin embargo, aún no se han perfeccionado los procedimientos de Ingeniería Genética para curar directamente a los pacientes. Nos estamos refiriendo a enfermedades tales como el cáncer, cuya causa principal es una modificación o mutación del material genético de las células del cuerpo, lo que produce los tumores malignos que son tratados en la actualidad por medio de radiactividad, terapia química y cirugía en último caso.

En esta Ciudad de Guadalajara se han dado casos de charlatanería, con respecto a las posibilidades de la aplicación de la Ingeniería Genética, para la curación del cáncer. Nos estamos refiriendo específicamente a un caso, bastante documentado por la prensa local, en el cual un joven con cáncer en un órgano vital fue tratado por un médico que se llamaba a sí mismo "ingeniero genético" y que afirmaba poder curar esta enfermedad con procedimientos derivados de esta ciencia. El resultado final fue la muerte de este joven enfermo, debido a la invasión masiva de todos sus órganos vitales por tumores cancerígenos. Esto aconteció a fines de 1990.

Sin embargo, la Ingeniería Genética sí ha sido posible utilizarla en la actualidad, para poder fabricar productos médicos que antes de la aplicación de esta técnica, su costo era bastante alto y en ocasiones la calidad no era óptima.

Los antecedentes de estos procedimientos de Ingeniería Genética han sido numerosos, pero uno de los más importantes lo constituyó el experimento realizado en 1973 por A. Chang-

y S. Cohen en el cual lograron la síntesis in vitro de moléculas de DNA biológicamente activo, en las que la información genética provenía de dos fuentes diferentes, lograron erpalmar los fragmentos de dos plásmidos y después de introducir este DNA compuesto en células de Escherichia coli (una bacteria característica del aparato digestivo humano).

La recombinación genética encaminada a la introducción a la célula de DNA extraño a la especie, implica el lograr - cuatro operaciones sucesivas:

- Romper y después enlazar entre ellas, dos moléculas - de DNA de orígenes muy diferentes.
- Encontrar un transportador genético conveniente, capaz de duplicar el segmento de DNA extraño que le ha sido fijado.
- La molécula de DNA compuesta debe ser introducida en una célula con funcionamiento perfecto.

Es absolutamente necesario poseer un método de selección que permita una clona de células receptoras que contenga el DNA híbrido entre una enorme población de células.

A pesar de las dificultades que implican las cuatro operaciones anteriores se ha podido biosintetizar varias sustancias útiles, algunas de ellas son: la insulina y el interferón.

a) Biosíntesis de la Insulina.- La insulina es una proteína que se encarga de regular el nivel de azúcar en la sangre, la deficiencia de esta proteína provoca la enfermedad -

llamada Diabetes mellitus; la insulina humana lleva dos cadenas polipeptídicas respectivamente de 21 y 30 aminoácidos enlazados. Se ha realizado la síntesis del DNA que corresponde por los dos métodos posibles: copia del RNA mensajero de la insulina por la Transcriptasa inversa, síntesis de la secuencia de DNA por vía química. El DNA artificial obtenido por el segundo método sí ha podido biosintetizar la insulina.

b) Biosíntesis del Interferón: - El interferón es una proteína activa sobre numerosas enfermedades ocasionadas por virus y probablemente capaz también de detener el desarrollo de ciertos tipos de cáncer. Un cultivo de leucocitos humanos infectados por un virus produce el interferón. Weissman ha logrado aislar, a partir de estos leucocitos el RNAm que lleva, entre otros, el RNAm del interferón. La transcriptasa inversa ha permitido la síntesis del DNA correspondiente al RNAm del interferón; este DNA ha sido fijado en un plásmido e introducido así en células bacterianas.

La clona de Escherichia coli portadora del DNA que codifica para el interferón puede producir un poco menos que un cultivo de leucocitos (tomado de Biotecnología por Pierre Galzy, Paris 1984).

C) Sistemas de Reproducción y Métodos de mejora Genética de las Plantas

La finalidad de la mejora genética de las plantas, es principalmente en aquellas que son cultivables, de que sean-

más productivas y de que se incremente su resistencia ante las plagas.

En las plantas ornamentales, lo que se quiere es mejorar su aspecto estético, se han logrado resultados muy positivos en el transcurso de muchos años.

Las variedades silvestres, de las plantas que son cultivables, poseen una gran riqueza genética, que en mucho han perdido las plantas que han sido sometidas al cultivo durante varias generaciones.

Esta enorme riqueza genética de las plantas silvestres se ha perdido irremediablemente cuando las plantas se han extinguido y ya no se ha podido recuperar. Uno de los trabajos actuales más importantes y trascendentes, es la incorporación de este material genético tan valioso a las especies de plantas cultivables, con la finalidad de que vuelvan a adquirir la resistencia natural ante una gran cantidad de plagas que las atacan en su medio.

Consideramos que lo anterior, es uno de los trabajos más valiosos que se están llevando en la actualidad, porque el material genético que posee cada especie de plantas silvestres, es producto de millones de años de evolución y esa información que poseen jamás se volverá a formar después de que se haya extinguido una especie de plantas.

Los métodos de mejora genética para especies autógamas se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- 1.- Selección individual.
- 2.- Selección masal.
- 3.- Hibridación, en la que se pueden seguir tres métodos de trabajo con las generaciones segregantes.
 - a) Genealógico
 - b) Masal
 - c) De retrocruzamientos

Todos estos métodos se basan en el hecho de que al autofecundar o al retrocruzar con un genitor homocigótico, se llega a la homocigosis después de algunas generaciones.

Se ha utilizado mucho la selección individual para conseguir variedades nuevas a partir de variedades "locales" que los agricultores se han pasado de generación en generación. Aunque las líneas puras dentro de una de estas variedades pueden ser muy similares en su morfología general, seguramente serán diferentes en su valor agronómico. El procedimiento general de la mejora por selección individual es escoger un gran número de plantas separadamente, comparar sus descendencias en ensayos en el campo y seleccionar la de más valor para formar la nueva variedad.

La selección masal difiere de la individual en que en lugar de seleccionar una sola planta, se seleccionan varias para confeccionar la nueva variedad. Por lo tanto, las variedades que se forman por este método tienen menor número de genotipos que las variedades locales de las que proceden, pero más que las que se forman por selección individual.

Generalmente se seleccionan unas docenas o algunas veces centenares de plantas típicas de la variedad en los campos donde se probará al año siguiente y las descendencias que tengan las características necesarias; se multiplicarán en conjunto para formar la semilla pura.

En nuestro país también se ha estado trabajando en el mejoramiento genético de las especies de plantas cultivables que son de suma importancia para la alimentación de los mexicanos. Un caso muy particular es el maíz, para el cual ha existido un programa constante de mejoría genética, en el Instituto Mexicano del Maíz, el cual ha desarrollado trabajos importantes.

Considerando que existe en el país gran diversidad de zonas climáticas para las que se requieren variedades mejoradas de maíz con características específicas, se ha trabajado en el mejoramiento genético por ideotipos, es decir, se forma el tipo de planta que por sus características fisiológicas y morfológicas es el ideal para su cultivo de acuerdo con las condiciones ecológicas de la región, sin descuidar los aspectos socioeconómicos de la misma. Lo anterior implica visualizar primero el tipo de planta al final del proceso; determinar después el material genético que contenga los caracteres deseados para incorporarlos, mediante cruzamientos, a poblaciones nativas o introducidas que tengan buena adaptación al área; hacer varias generaciones de recombinación y finalmente seleccionar plantas con el tipo ideal para formar híbridos y variedades mejoradas.

Entre las principales características que se han utilizado en diversas combinaciones para incrementar el rendimiento por unidad de superficie, se encuentran las siguientes: - planta de porte bajo, ya sea semienana o superenana con tallo grueso, la que al ser resistente al acame, permite elevar el número de plantas por hectárea; plantas prolíficas - con pocas hojas, angostas, cortas de posición erecta arriba de la mazorca.

B) Control Biológico de Plagas por medio del conocimiento y manejo de los genes del huésped (planta) y parásito (insecto)

El control biológico es una de las opciones más importantes para evitar que las plagas de insectos sigan causando grandes daños a la agricultura, y también para disminuir la gran contaminación que ocasionan los pesticidas al ser usados en forma masiva para destruir las diferentes plagas de los cultivos.

El uso de los pesticidas representa en la actualidad un grave problema de salud, tanto para las personas que los aplican como para los que consumimos los alimentos de origen vegetal y animal, ya que en una cadena alimenticia se van trasladando los efectos tóxicos de los compuestos químicos de los pesticidas que no son en su mayoría biodegradables.

Aún sin la intervención de la mano del hombre, debido a la evolución natural, tanto las plantas como los insectos han adquirido genes de resistencia que les permiten a ambos-

vivir en un equilibrio natural, es decir; las plantas han sufrido mutaciones que les ayudan a tener genes que les permiten fabricar sustancias que sean tóxicas contra los insectos que se alimentan de ellas.

Asimismo, los insectos también sufren mutaciones, que les permiten resistir el efecto tóxico de las sustancias de defensa de las plantas. El hombre al descubrir estos genes y manipularlos tanto en insectos como en plantas, puede contribuir para que sea más eficiente la defensa de las plantas, y de esta manera poder evitar el uso indiscriminado de plaguicidas.

Para proteger a una especie vegetal de los destrozos ocasionados por las plagas de insectos, los entomólogos identifican las variedades resistentes al ataque, para lo cual utilizan varias técnicas de selección. Primero una población de insectos de densidad significativa es imprescindible para asegurar la infestación. Las plantas pueden evaluarse en el campo cuando existe una población natural de insectos con densidad elevada; de otra manera, es factible llevar al campo insectos criados en el laboratorio. También es posible cultivar plantas en el invernadero e infestarlas con insectos colectados en el campo o criados en el laboratorio mismo. Sin embargo, lo más frecuente es utilizar insectos criados en el laboratorio, pues la variabilidad de la virulencia dentro de las poblaciones naturales de insectos minimiza el valor de los datos para el análisis genético.

La determinación de la resistencia se basa en el daño inflingido a las plantas o en cualquier otro síntoma de ataque de insectos, o bien, en la reacción de los insectos ante la planta.

Los daños de las plantas se manifiestan de diversas maneras, desde la defoliación, la atrofia, hasta la muerte de la planta, como en el caso de la saltarilla café sobre el arroz.

La reacción de los insectos ante la planta puede ser la muerte (cecidorido y avispa de trigo) menor fecundidad (pulgón manchado de la alfalfa y pulgón verde) pérdida en peso (escarabajo del cereal), inquietud (pulgones), prolongación del período entre los estadios del ciclo de vida, o alejamiento de la planta para la alimentación, oviposición o ambas cosas.

Las interacciones entre la planta y el insecto se determinan con base en la reacción de la planta ante el insecto, y con menos frecuencia, en la reacción del insecto ante la planta. Generalmente se diseña una escala para clasificar las reacciones de la planta ante el insecto, con base en los daños, y se evalúan las poblaciones híbridas, resultado de las cruas entre progenitores resistentes y susceptibles.

Las reacciones de las F_1 , F_2 y F_3 (es decir, tres generaciones de plantas sucesivas), se utilizan luego para determinar si la resistencia es recesiva, dominante o incompleta-dominante; o cuantitativa o cualitativa (en caso de que sea-

esta última, se determina el número de genes que participan).

Una vez que se identifica un gene de resistencia en una planta cualquiera, se hace una cruce entre ésta y otras plantas resistentes; luego se evalúa la resistencia de los descendientes híbridos de dicha cruce para determinar si el nuevo híbrido tiene los mismos genes o diferentes.

Después de que los genes de resistencia quedaron asignados a ciertos cromosomas, se hacen mapas de los grupos respectivos de enlace. Si se conocen los biotipos del insecto, éstos pueden utilizarse para buscar nuevos genes de resistencia entre las variedades y para distinguir a cada uno de los genes ya conocidos. Para que el análisis genético de la resistencia a los insectos sea eficiente, se recomienda tener las siguientes precauciones:

- Debe utilizarse una población de insectos genéticamente uniforme.
- Debe contarse con una técnica adecuada para criar grandes cantidades de insectos viables para la prueba.
- Es fundamental contar con una técnica eficaz para determinar las interacciones entre la planta y el insecto.
- La prueba debe realizarse en ambientes uniformes, de modo que la resistencia y la susceptibilidad se diferencien con claridad.

VI. CONCLUSIONES

- 1.- La enseñanza de la Genética representa una manera de preparar a los estudiantes para entender y en alguna manera participar en los cambios tecnológicos tan acelerados de nuestro tiempo.
- 2.- Los maestros de Genética General deben contar con fuentes de información actualizada, apropiadas y confiables como un complemento necesario en su labor.
- 3.- La Genética es una ciencia que representa en la actualidad una esperanza para solucionar problemas que amenazan la existencia del ser humano.
- 4.- El problema ético que representa el avance de la Genética humana debe ser comprendido y discutido como parte de la formación del estudiante de la Facultad de Agronomía.
- 5.- La Genética puede colaborar para recuperar gran parte de la riqueza que está en peligro de desaparecer con las especies animales y vegetales en extinción.

RESUMEN

El estudio de la herencia tiene cada día mayor importancia dentro del campo de la Agronomía, por sus ya posibles aplicaciones en el mejoramiento vegetal y animal. La Ingeniería Genética cada año tiene la posibilidad de generar variedades resistentes a plagas, enfermedades, segúas, etc.

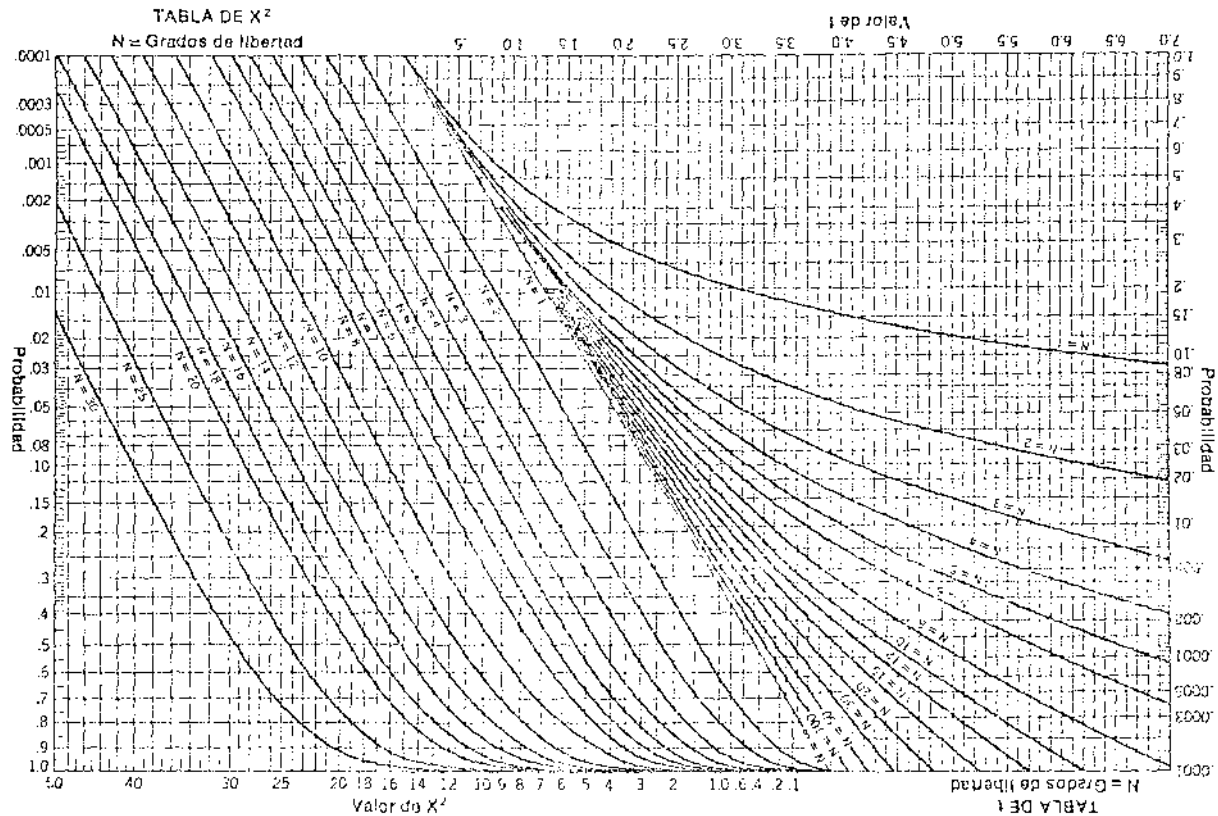
La mayoría de los estudiantes de la Genética deben estar interesados por las actividades que esta ciencia puede proporcionar dentro del campo profesional. Por lo tanto, nos inclinamos por buscar información que en primer lugar fuera nacional, ya que varios autores son extranjeros con diferencias ecológicas a nuestras latitudes; en segundo lugar se pretende dar un tipo de promoción y sensibilización, así como difundir esta materia tan importante en la vida del ser humano.

Con la enseñanza de la Genética el alumno podrá participar en los cambios tecnológicos que se están llevando a cabo en forma acelerada en estos tiempos.

La Genética puede colaborar para evitar que desaparezcan las especies animales y vegetales que se encuentran en peligro de extinción; así como para solucionar problemas que amenazan la existencia del ser humano por medio de diagnósti

cos pre-natales y tratamientos de enfermedades genéticas bio
químicas.

APENDICE



Curvas que muestran los valores de probabilidad (P) para χ^2 de haber encontrado los valores de χ^2 o t , y determinando los grados de libertad, el valor de P se puede leer directamente en la tabla. Para χ^2 , se califica el valor calculado en el lado derecho de la tabla, el número de grados de libertad en el lado izquierdo y P en la parte inferior. (Cortesía de James F. Crow).

GLOSARIO

ACIDO NUCLEICO. Acido compuesto por ácido fosfórico, azúcar-pentosa y bases orgánicas, el DNA y el RNA son ácidos nucleicos.

ACROCENTRICO. Término aplicado a un cromosoma o cromátida cuyo centrómero se encuentra cerca de una de sus extremidades.

ACROSOMA. Organelo apical en la cabeza del espermatozoide.

ADAPTACION. Ajuste de un organismo o de una población a un determinado ambiente.

ADENINA. Base purínica presente en el RNA y el DNA.

ALELISMO GRADUAL. Concepto utilizado para describir a series de alelos con efectos graduales sobre un mismo carácter.

ALELO (ALELOMORFO), Ad. ALELICO (ALELOMORFICO). Uno de un par o serie de genes alternativos que aparecen en un locus determinado en un cromosoma; una de las formas contrastantes de un gene. Los alelos son representados por el mismo símbolo básico (por ejemplo, E, para chícharos altos y e para enanos), véase Alelos múltiples.

ALELOS MULTIPLES. Tres o más alelos alternativos que representan un mismo locus en un determinado par de cromosomas.

AMINOACIDO. Cualquiera de una clase de compuestos orgánicos que contengan un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH). Los aminoácidos constituyen los componentes más sencillos que forman proteínas. La alanina, prolina, treonina, histidina, lisina, glutamina, fenilalanina, el triptófano, la valina, arginina, tirosina y leucina figuran entre los aminoácidos más comunes.

AMORFO. Alelo mutante con poco o ningún efecto sobre la expresión de un carácter.

ANAFASE. La etapa de división nuclear durante la cual los

- cromosomas hijos pasan de la placa ecuatorial hacia los polos opuestos de la célula (los extremos del huso). La anafase sigue a la metafase y precede a la telofase.
- ANDROGENO. Sustancia con actividad de hormona sexual masculina en los animales vertebrados.
- ANTIGENO. Sustancia, generalmente una proteína, que estimula la producción de anticuerpos al ser introducida en un organismo vivo.
- AUTO-FECUNDACION. Proceso mediante el cual el polen de una determinada planta fecunda a los óvulos de la misma. Las plantas fecundas en esta forma son llamadas "puras".
- AUTORADIOGRAFIA. Registro o fotografía obtenida marcando una sustancia, como el DNA, con un material radiactivo como la timidina tritiada y permitiendo que la imagen producida por radiaciones de decaimiento se imprima sobre una película después de un tiempo determinado.
- CAPSULAS DE POLISACARIDOS. Recubrimientos celulares de carbohidratos polimerizados con especificidad antigénica algunos tipos de bacterias.
- CELULA GERMINAL. Célula reproductora que al madurar se vuelve capaz de ser fecundada y reproducir un organismo entero.
- CENTROMERO, CINOMERO O CINETOCORO. Parte del cromosoma que se adhiere a las fibras del huso.
- CENTROSOMA. Cuerpo citoplásmico que se autoduplica, generalmente en células animales y en algunas de las plantas inferiores, pero ausente en las fanerógamas; consiste en un centriolo y algunas veces en una centrosfera (cuando está

inactivo) o áster (cuando está activo), situado en cada uno de los polos del huso durante el proceso de división nuclear (mitosis).

CEPAS ISOGENICAS. Linajes de organismos genéticamente uniformes, totalmente homocigas.

CIGOTO. Célula producida por la unión de dos células sexuales maduras (gametos) en el proceso de reproducción; también utilizado en genética para designar al individuo que se desarrolla a partir de este tipo de célula.

CILIO. Estructura locomotriz de ciertas células con apariencia de un cabello; estructura locomotriz de los protozoarios ciliados.

CINETOSEMA. Gránulo basal situado en la base de un flagelo o cilio.

CITOGENETICA. Area de la biología relacionada con los cromosomas y sus implicaciones en la genética.

CITOLOGIA. Estudio de la estructura y de las funciones de la célula.

CITOPLASMA. Parte del protoplasma de una célula, exterior al núcleo, en la cual se encuentran los organelos celulares (mitocondrias, plastos, etc.). Todas las partes vivas de una célula con excepción del núcleo.

CITOSINA. Base pirimidínica encontrada en el RNA y DNA.

COMBINACIONES INDEPENDIENTES O SEGREGACION INDEPENDIENTE. Distribución al azar de genes en los gametos cuando estos genes se encuentran en diferentes cromosomas. La distribución de un par de genes no es controlada por otros genes-

situados en cromosomas no homólogos.

COMPETENCIA. Capacidad de una célula bacteriana para asimilar DNA y así transformarse genéticamente.

CONCORDANCIA. Identidad de pares o grupos apareados para un carácter determinado, por ejemplo, gemelos idénticos que presenten ambos el síndrome de Down.

CONIDIO. Espora asexual producida por una hifa especializada en ciertos hongos.

CROMATIDA. Una de las dos idénticas hileras que resultan de la autoduplicación de un cromosoma durante el proceso de la mitosis o de la meiosis. Una de las cuatro hileras que componen a un bivalente al final de la profase meiótica.

CROMATINA. Sustancia nuclear que absorbe tinciones básicas y se incorpora a los cromosomas, llamada así por la rapidez con que se tiñe con ciertos colorantes (cromaticida).

CROMOCENTRO. Cuerpo producido por la fusión de las regiones heterocromatínicas de los autosomas y del cromosoma Y en las glándulas salivales de algunos dípteros.

CROMOMEROS. Pequeños cuerpos descritos por Belling, quien los identificó por su tamaño característico y su disposición lineal en los cromosomas.

CROMONEMA. Filamento aparentemente único que forma una estructura axial dentro de cada cromosoma.

CROMOSOMAS. Cuerpos nucleoproteicos observables por microscopio; durante la división celular, adquieren una coloración oscura al ser expuestos a tinciones básicas. Transportan a los genes que se encuentran dispuestos en una

forma lineal. Cada especie posee un número cromosómico -- que le es característico.

CROMOSOMAS SEXUALES. Cromosomas particularmente relacionados con la determinación del sexo.

CROMOSOMA X. Cromosoma asociado con la determinación del sexo. En la mayoría de los animales, la hembra posee dos de ellos y el macho solamente uno.

CROMOSOMA Y. Pareja del cromosoma X en el macho de la mayoría de las especies animales. Por general transporta un número reducido de genes; en la *Drosófila*, compuesto principalmente de heterocromatina. En el hombre, el cromosoma Y es portador de genes que influyen la masculinidad.

CRUZAMIENTO DE LINEA. Apareamiento de miembros seleccionados de sucesivas generaciones con el fin de fijar características deseables.

CUERPO BASAL. Pequeño gránulo al cual va adherido un cilio o un flagelo.

DESVIACION. En las estadísticas, variación a partir de un número predicho.

DESVIACION ESTANDAR. Medida de variabilidad en una población de individuos.

DETERMINACION. Proceso mediante el cual las porciones de un embrión se vuelven capaces de convertirse en solamente una clase de tejido u órgano adulto.

DIACINESIS. Etapa de la meiosis inmediatamente anterior a la metafase I, en la cual los bivalentes se acortan y engruesan.

DIFERENCIACION. Modificación de diferentes partes del organismo para poder desempeñar determinadas funciones durante su desarrollo.

DIPLOIDE. Organismo o célula con dos series de cromosomas ($2n$) o dos genomas. Los tejidos somáticos de las plantas superiores y de los animales son generalmente diploides en su constitución cromosómica, en contraste con los gametos haploides (monoploides).

DISCORDANCIA. Disimilitud de pares o grupos apareados para un determinado carácter, por ejemplo, gemelos idénticos con los ojos de diferente color.

DNA. Acido desoxirribonucleico, materia química que compone el agente que transporta la información genética.

DOMINANCIA INFLUENCIADA POR EL SEXO. Expresión dominante dependiente del sexo del individuo (por ejemplo, los cuernos de los carneros son dominantes en los machos y recesivos en las hembras).

DUPLICACION. Ocurrencia más de una vez de un segmento en el mismo cromosoma o genoma.

ECTODERMO. Capa celular externa de un embrión de animal y a partir de la cual se origina la piel y el sistema nervioso.

EMBRION. Organismo joven en las primeras etapas de su desarrollo; en el hombre, primer período en el útero.

ENDODERMO. Capa interior de un joven embrión animal a partir de la cual se forma el revestimiento del tracto digestivo.

ENDOGENITO. Parte del cromosoma de una bacteria homóloga a un fragmento del genoma (exogenoto) que es transferida desde la célula donante hacia la célula receptora en la información de un merocigoto.

ENDOMITOSIS. Duplicación de los cromosomas sin división del núcleo, lo cual da por resultado un número cromosómico aumentado dentro de las células, o endopoliploida. Los filamentos cromosómicos se separan, aunque las células no se dividen.

ENDOPOLIPLOIDE. En organismos diploides, presencia de células que contienen múltiples de los genomas $2n$ (por ejemplo, $4n$, $8n$, etc.).

ERROR ESTANDAR O ERROR TIPO. Medida de variación de una población de medias; utilizado para indicar qué tan fielmente son representados parámetros o poblaciones por unas muestras.

ESPECIE. Poblaciones naturales que se reproducen y que son reproductivamente aisladas de otros grupos.

ESPERMA, ABREVIATURA DE ESPERMATOZOIDE. Célula germinal masculina madura.

ESTADISTICA. Valor basado en una muestra o muestras de una población a partir del cual pueden obtenerse estimaciones de un valor poblacional o de un parámetro.

ESTIGMA. Parte femenina de la flor que recibe el polen.

EXPANSION BINOMIAL. Multiplicación exponencial de una expresión que consiste en dos términos unidos por un + o un -, como $(a+b)^n$.

EXPRESIVIDAD. Grado de expresión de un carácter controlado - por un gene. Un determinado gene puede producir grados variables de expresión en diferentes individuos.

F₁. La primera generación filial. Primera generación de descendientes de un determinado cruzamiento.

F₂. La segunda generación filial producida por un cruzamiento inter se o por autopolinización de la F₁. "Nietos" endogámicos de un determinado cruzamiento. El término es ampliamente utilizado para señalar cualquier progenie de la segunda generación de un cruzamiento dado, pero, en experimentos genéticos controlados, se implica a la endogamia de la F₁ (o su equivalente).

FERTILIDAD. Capacidad para procrear.

FERTILIZACION. Fusión de un gameto masculino (esperma) con - un gameto femenino (óvulo) para formar un cigoto.

FLAGELO. Organelo de locomoción en ciertas células; estructuras locomotrices en ciertos protozoarios.

FLUJO GENETICO. Dispersión de genes por migración desde una - población hacia otra que puede producir cambios en sus - respectivas frecuencias genéticas.

FRECUENCIA GENETICA. Representación de la proporción de un - alelo en una población reproductivamente activa.

GAMETO. Célula reproductiva madura masculina o femenina (esperma u óvulo).

GAMETOFITO. Fase del ciclo de vida vegetal que llevan los gametos; las células tienen "n" cromosomas.

GAMETOGENESIS. Formación de los gametos.

GENE. Partícula determinante en la herencia; unidad de herencia; unidad de DNA, situada en un lugar fijo en el cromosoma.

GENETICA. Ciencia de la herencia y de la variación.

GENOTIPO. Constitución genética (equipo genético) manifiesta y latente de un organismo (por ejemplo, Dd o dd). Los individuos con un mismo genotipo engendran descendencias si milares (comparar con fenotipo).

HAPLOIDE O MONOPLOIDE. Organismo o célula con solamente una serie completa (n) de cromosomas o un genoma.

HEREDABILIDAD. Grado hasta donde un carácter dado es controlado por la herencia.

HERENCIA. Parecido físico entre individuos emparentados entre sí; transmisión de caracteres por los progenitores a sus descendientes.

HERMAFRODITA. Individuo con órganos reproductivos ambos masculinos y femeninos.

HETEROPLOIDE O ANEUPLOIDE. Organismo caracterizado por un número cromosómico diferente al de un auténtico número haploide (monoploide), o diploide de $(2n+1$ o $2n-1)$.

HETEROSIS. Superioridad de los genotipos heterocigóticos respecto a uno o más caracteres en comparación con los correspondientes homocigotos.

HOMOCIGOTO, adj. HOMOCIGO. Organismos cuyos cromosomas portan miembros idénticos de cualquier par de genes. Por lo tanto, los gametos son todos similares respecto a este locus y los individuos serán de una línea pura.

INTERFASE. Etapa en el ciclo celular durante el cual la célula no está en división; estado metabólico; etapa que sigue a la telofase de una división y que se extiende hasta el principio de la profase de la siguiente.

LIMITADO AL SEXO. Expresión de un carácter en sólo un sexo.- Ejemplos: la producción de leche en los mamíferos, los cuernos en los carneros de raza Rambouillet y la producción de huevos en la gallina.

MADURACION. Formación de gametos o de esporas.

MEDIA. Promedio aritmético; suma de todas las medidas o valores relativos a un grupo de objetos, dividida por el número de estos objetos.

MEGASPORA (MACROSPERA). Espora que tiene la propiedad de originar a un gametofito (saco embrionario) con sólo un gameto femenino. Una de las cuatro células producidas por dos divisiones meióticas de la célula madre de la megaspora, llamada megasporocito.

MEIOSIS. Proceso mediante el cual el número cromosómico de una célula reproductiva se reduce a la mitad del número diploide ($2n$) o somático; resulta en la formación de gametos en animales o de esporas en las plantas; importante fuente de variabilidad vía recombinación.

METAFASE. Etapa de la división celular en que los cromosomas son más discretos y dispuestos sobre un plan ecuatorial; sigue a la profase y precede a la anafase.

METAMORFOSIS. Cambio de forma, estructura o substancia.

MITOSIS. División celular en que ocurre primero una duplica-

ción de los cromosomas seguida por una migración de cromosomas hacia los extremos del huso y la división del citoplasma.

MELANINA. Pigmento negro o marrón de origen animal.

MODIFICADOR O GENE MODIFICADOR. Un gene que afecta la expresión de otro.

MONOPLÓIDE O HAPLOIDE. Individuos con una sola serie de cromosomas o un solo genoma (n).

MOSAICO. Organismo con una parte formada por tejidos genéticamente diferentes de la parte restante.

MUTACION. Cambio en el DNA de un determinado locus en un organismo. El término se utiliza en un sentido amplio para incluir mutaciones locales que implican a un solo gene y cambios cromosómicos.

MUTANTE. Célula u organismo individual que presenta un cambio producido por una mutación. Un gene modificado.

NUCLEO. Parte de la célula que contiene genes y que rodeada por el citoplasma.

NUCLEOLO. Estructura presente en el núcleo de algunas células metabólicas; área de almacenamiento para el RNA ribosómico.

NUCLEOTIDO. Unidad de la molécula de DNA que contiene un fosfato, un azúcar y una base orgánica.

OOCITO. Célula madre del óvulo, célula que sufre dos divisiones meióticas (oogénesis) para formar el óvulo. Oocito - primario -antes de terminarse la primera división meiótica; oocito secundario -después de completarse la primera-

división meiótica-.

OOGENESIS. Formación del óvulo en los animales.

OVARIO. Porción turgente del pistilo de una flor en que se encuentran los óvulos. Glándula reproductiva o gónada femenina en los animales.

OVULO. Célula germinal producida por un organismo femenino.

OVULO. Macrosporangio de una fanerógama que llega a convertirse en semilla. Incluye a la nucela y a los tegumentos.

PARAMETRO. Valor o constante basada en una población entera.

PARTENOGENESIS. Desarrollo de un nuevo individuo a partir de un huevo no fecundado.

PATOGENO. Organismo o virus causador de una enfermedad.

PISTILO. Parte femenina de una flor que comprende el ovario, el estilo y el estigma.

POBLACION. Grupo entero de organismo de algún tipo; grupo en dogámico de plantas o animales. El grupo infinito del - - cual puede sacarse una muestra.

POBLACION (EFECTIVA). Miembros reproductivamente activos de una población.

POBLACION MENDELIANA. Unidad natural de cruzamiento de plantas o animales que se reproducen sexualmente.

PORTADOR. Individuo que transporta un gene recesivo no manifiesto (es decir, opaca por un alelo dominante).

PROBABILIDAD. Posibilidad de ocurrencia.

PROFASE. Etapas de la mitosis o de la meiosis que incluyen - desde la aparición de los cromosomas después de la interfase hasta metafase.

PROGENIE. Descendientes de animales o plantas; individuos -- productos de un determinado cruzamiento.

RECESIVO. Aplícase al miembro de un par de alelos que care-- cen de la capacidad de manifestarse cuando es presente el otro (dominante). Rasgo heredado que no se expresa sino - cuando es homócigo el gene que lo controla.

REGRESION. La correlación existente entre progenitores y des-- cendientes y otros individuos relacionados cuando ésta es utilizada como medida de herencia.

RNA. Acido ribonucleico. Material que lleva la información - genética en los virus de las plantas. Ciertas clases de - RNA intervienen en la transcripción de la información ge-- nética contenida en el DNA (RNAm), transportan aminoáci-- dos a los ribosomas para su incorporación en proteínas - (RNAt) y constituyen a los robosomas (RNAr).

RNA mensajero. Tipo particular de RNA que transporta la in-- formación necesaria para sintetizar proteínas desde el - DNA a los ribosomas.

RNA transportador. Tipo particular de RNA que transporta ami-- noácidos hacia los ribosomas cuando son combinados en pro-- teínas.

REPRODUCCION ASEXUAL. Cualquier proceso reproductivo que no-- implica la formación y unión de gametos de los dos sexos.

REPRODUCCION CRUZADA. Apareamiento entre miembros de diferen-- tes razas o especies.

REPRODUCCION SEXUAL. Reproducción que implica la formación - de células germinales maduras (óvulos y espermatozoides).

RETICULO ENDOPLASMICO. Real citoplásmica a la cual se adhieren los ribosomas.

RIBOSOMA. Estructura citoplásmica en que se sintetizan proteínas.

SACO EMBRIONARIO. Espacio voluminoso de paredes delgadas dentro del óvulo de la planta femenina en la cual la ovocélula y posteriormente el embrión (después de la fertilización) se desarrollan; el gametofito femenino maduro en las plantas superiores.

SEGREGACION. Separación durante la meiosis de los cromosomas paternos de los maternos, con la consecuente separación de los alelos y de sus diferencias fenotípicas, observadas en la progenie. Primera ley de la herencia de Mendel.

SELECCION. Reproducción diferencial de diferentes genotipos. El más importante de los factores que modifican las frecuencias de alelos y los genotipos de una población, influenciando así el proceso del cambio evolutivo.

TELOFASE. Última etapa de cada división mitótica o meiótica durante la cual los cromosomas se reúnen en los polos del huso.

TETRAPLOIDE. Organismos cuyas células contienen cuatro series haploides ($4n$) de cromosomas o genomas.

TRASDUCCION. Recombinación genética en bacterias, medida por bacteriófagos.

TRASDUCCION GENERALIZADA. Cualquier gene bacteriano puede ser transferido por un fago hacia una bacteria receptora.

TRASDUCCION RESTRINGIDA. La transferencia de ADN bacteriano

por un fago templado es restringida a sólo un sitio en el cromosoma bacterico.

TRANSFORMACION. Recombinación genética en las bacterias provocadas por la edición de DNA extraño a un medio de cultivo.

TRANSICION. Mutación causada por la substitución de una purina por otra purina o de una pirimidina por otra pirimidina en el DNA o el RNA.

UNIVALENTE. Un cromosoma no apareado en el meiosis.

VIABILIDAD. Grado de capacidad para sobrevivir y desarrollarse normalmente.

VARIACION. En biología, ocurrencia de diferencias entre los individuos de una misma especie.

VARIACION CONTINUA. Variación no representada por clases distintas. Para su análisis se necesita medir grados individuales de variación; contraria a la variación discontinua. Unos genes múltiples o poligenes acostumbran ser los responsables de este tipo de variaciones.

VARIACION DISCONTINUA. Clases distintas como rojo vs. blanco; alto vs. enano; etc. contrario: variación continua.

VARIACION TRANSGRESIVA. Aparición en la generación F_2 o generaciones posteriores de individuos que exhiben un desarrollo más extremo de algún carácter que ninguno de los progenitores. Supuestamente debida a efectos cumulativos y complementarios de genes aportados por los progenitores del híbrido original. Para poder confirmar este fenómeno es necesario un examen adecuado de variaciones en los pro

genitores.

VARIANZA. El cuadrado de la desviación estándar. Medida de -
variación.

VIGOR HIBRIDO O HETEROSIS. Desarrollo, fuerza y salud poco -
comunes de los híbridos de dos progenitores menos vigoros-
sos.

XENIA. Efecto inmediato del polen sobre el endospermo; se de
be a un fenómeno de doble fecundación en las plantas pro-
ductoras de semillas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CORDOVA Corrado Dr. 1979. Gran Enciclopedia Médica. Editorial Sarpe. Barcelona.
- 2.- CIENCIA y Desarrollo. 1984. Mejoramiento genético del maíz, cosechas abundantes y más nutritivas. Editorial CONACYT. México.
- 3.- DANA Jaqueline Marion Sylvie. 1987. La gufa del embarazo. Editorial Círculo de Lectores. Bogotá.
- 4.- DAVIS Bernard D. 1895. Tratado de microbiología. Editorial Salvat. Barcelona (España).
- 5.- GARCIA Faustino. 1980. Fundamentos de Biología. Compañía General de Ediciones. México.
- 6.- GARCIA Pelayo y Gross Ramón. 1978. Enciclopedia de las Ciencias. Vol. 3. Editorial Larousse. México.
- 7.- GARDNER Eldon J. 1988. Principios de Genética. Editorial Limusa. México.
- 8.- HARVEY A. McGehee Dr. 1984. Tratado de Medicina Interna. Editorial Interamericana. México.
- 9.- LEHNINGER Albert L. 1986. Bioquímica. Ediciones Omega. Barcelona.
- 10.- MORSE Keith L. Dr. 1989. Embriología Básica. Editorial-

Interamericana. México.

- 11.- NASON Alvin. 1987. Biología. Editorial Limusa. México.
- 12.- PFEIFFER John. 1976. La Célula. Editorial Offset Larios. México.
- 13.- RUIZ Oroncz Manuel. 1979. Tratado Elemental de Botánica. Editorial ECLALSA. México.
- 14.- SINNOT Edmund W. 1988. Botánica Principios y Problema.- Editorial ECSA. México.
- 15.- VENZMER Gerhab. 1977. Enciclopedia de la Medicina. Editorial Nauta. Barcelona.
- 16.- VILLE Claude A. 1987. Biología. Editorial Interamericana. México.
- 17.- WEIER T. Elliot. 1983. Botánica. Editorial Limusa. Méxicc.