



Conservación y estudios de la diversidad de especies vegetales en los agroecosistemas tropicales

Yoel Vega, Arodys Alonso y Juan G. Castillo

Fitotecnia - Genética y Mejoramiento

La Habana, 1998

The logo for INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas) is a green oval with the word "INCA" in white, bold, sans-serif capital letters inside.

**Conservación y estudios
de la diversidad de especies vegetales
en los agroecosistemas tropicales**

Joel Vega

Arodys Alonso

Juan G. Castillo

Fitotecnia

La Habana, 1998

Corrección y edición: María Mariana Pérez Jorge

Diseño y realización: Yamila Isabel Díaz Bravo

SOBRE LA PRESENTE EDICIÓN:

© Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 1998

© Joel Vega Méndez

ISBN: 959-7023-05-9

Ediciones INCA

Gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700

INDICE

Introducción	1
La diversidad biológica. Hoy y mañana	2
Los bosques como fuente de diversidad biológica	5
La conservación de los recursos fitogenéticos en el mundo	7
La conservación de especies comestibles en los agroecosistemas campesinos de Cuba	9
Diversidad biológica. Definición	10
Cuantificación de la diversidad biológica	13
Índices más utilizados en la cuantificación de la diversidad de especies presentes en los agroecosistemas	13
Relación especie-área	14
Extinción de especies y pérdida de la diversidad	17
La modernización de la agricultura vs diversidad de especies	18
Consideraciones finales	20
Referencias	23

Introducción

El interés mundial por los problemas del medio ambiente y la conservación de los recursos fitogenéticos, así como su racional utilización para satisfacer las necesidades humanas y preservarlas para las generaciones futuras, ha crecido continuamente en los últimos años, especialmente posterior a la celebración de la "Cumbre de la Tierra", auspiciada por Naciones Unidas, en 1992. Igualmente, se ha incrementado también la atención popular y de los científicos sobre la situación de la ecología, como principal rama de la ciencia que se ocupa de estos problemas, dentro de los cuales se le ha brindado importancia a los estudios de biodiversidad (García, 1997).

En la actualidad, es de mucha importancia para la humanidad cuantificar las riquezas de especies presentes en los ecosistemas. Este tema ha sido abordado por eminentes matemáticos y ecólogos desde la mitad del siglo XX.

Además del significado que en sí misma tiene la diversidad, es también una variable útil en el estudio y la descripción de las comunidades ecológicas. La biodiversidad es quizás la principal variable para medir los efectos directo e indirecto de las actividades humanas en los ecosistemas. La más llamativa transformación provocada por el hombre es la simplificación de la estructura biótica y la mejor manera de medirla es a través del análisis de la biodiversidad.

La diversidad biológica. Hoy y mañana

La pérdida de la diversidad biológica del planeta, de la riqueza de especies, ecosistemas y procesos ecológicos, se ha convertido en uno de los problemas más importantes en el ámbito mundial. Se estima que la tierra posee por lo menos cinco millones de especies diferentes y probablemente más de 30 millones, aunque solo se ha confirmado la existencia de 1.7 millones. La mayoría de estas especies, del 75-90 %, se encuentran en los bosques tropicales. Por lo tanto, el problema de la diversidad biológica o, más bien, el del agotamiento de esa diversidad, se plantea casi exclusivamente en los bosques tropicales, los que están desapareciendo aceleradamente (FAO, 1994). Si bien la extinción es un proceso natural, hoy en día debido a la intensa transformación que el hombre ejerce sobre el medio natural, esta ha pasado a ser fundamentalmente un proceso antropogénico. Las tasas antropogénicas de extinción arrojan predicciones tales, como que una de cada cincuenta especies del total que hoy puebla la tierra, habrá desaparecido a finales del siglo XX (Ehrlich y Ehrlich, 1987). Bien podría ocurrir que antes del fin del próximo siglo desapareciera hasta la mitad de todas las especies existentes (Myers, 1988; Wilson, 1989).

No siempre ha sido así la situación de los ecosistemas explotados y la actitud del hombre respecto a ellos. Las técnicas de explotación tradicionales se adaptaban al medio de forma más cuidadosa, creando sistemas de gran estabilidad (Gómez-Sal, 1994), donde la actividad humana formaba parte del equilibrio ajustado por los procesos naturales. Bajo este sistema de explotación sostenible, subyace todo un saber empírico sobre el funcionamiento de estos sistemas modificados, que forman la llamada "Cultura Rural", patrimonio de las comunidades campesinas. La profundidad y exactitud de estos conocimientos, podrían ser de gran utilidad para la planificación actual de la explotación de los recursos por el hombre (González, 1991). La conservación de los recursos fitogenéticos es una tarea primordial para el hombre actual; cualquier disminución en la diversidad de los recursos representa también una disminución en la gama de posibilidades de respuesta de la sociedad a los nuevos problemas y oportunidades (Wilkes, 1984). Esto hace que aumente la necesidad de acción en lo que respecta a la conservación y el aprovechamiento a largo plazo de las diversidades vegetal y animal (FAO, 1991). La biodiversidad de especies ha ido disminuyendo en el tiempo a través del proceso conocido como erosión genética (Nax-Neef, 1987; Querol, 1988). Este proceso es una consecuencia de la acción del hombre sobre el medio ambiente, en el proceso de crecimiento de la población mundial y el desarrollo tecnológico que conduce a la modernización de la economía y la sociedad (Esquivel, 1993). En Cuba, con una flora formada por unas 6 140 especies, agrupadas en 1 300 géneros y 181 familias, la vegetación se encuentra sometida a amenazas similares a las señaladas para Europa, pero con el agravante de que presenta un 51.3 % de endemismo y la presencia de 873 especies amenazadas (Borhidi y Muñiz, 1983); son razones suficientes para comprender la necesidad de intensificar los trabajos conservacionistas (Moreno, 1990).

Los bosques como fuente de diversidad biológica

El bosque es el lugar de convivencia (biótopo) de plantas y animales. En él los árboles se constituyen en centro de la gran variedad de formas de vida (biodiversidad) que coexiste en el bosque, y se convierten en garantes de la estabilidad ecológica. De todo esto se desprende cuánta vida le debe el planeta a sus bosques y cómo el deterioro de éstos está en relación directa con nuestra sobrevivencia (del Risco, 1995).

Al comenzar el siglo XX, el escenario que nos aguarda, si las tendencias de transformaciones y degradación del paisaje natural continúan, es el de un vasto territorio modelado por el uso humano de la tierra, con intercalaciones de algunas extensiones de bosques naturales (Ortiz, 1992). La deforestación es la principal causa de la pérdida de la biodiversidad en las zonas tropicales (Gentry, 1992; Alvarado, 1995).

Un mundo sin bosques sería impensable. A pesar de ello, los bosques del mundo están desapareciendo a un ritmo creciente. Entre 1981 y 1990 se perdieron más bosques que en cualquier otra década que se recuerde de la historia humana (FAO, 1994).

Las razones de que esto suceda no son triviales. Los bosques se están desmontando a fin de obtener tierras para cultivos alimenticios y comerciales. La leña es el principal combustible para cocinar de casi la mitad de la población mundial. La madera es fundamental para la construcción de viviendas y otra gran variedad de usos. La explotación de madera constituye también una fuente de divisas para muchos países.

La corta de árboles y el desmonte de bosques tienen una perfecta explicación para los que lo hacen, pero al desaparecer los árboles hay también perjudicados. Cada vez se hace más difícil obtener leña y otros productos forestales. La tierra se erosiona y los lagos y embalses se llenan de sedimento. Al disminuir el número de árboles para absorber el dióxido de carbono de la atmósfera, aumenta el riesgo del calentamiento de la tierra. Al extinguirse las especies vegetales y animales, la diversidad biológica se reduce.

Los principios que rigen la conservación de la biodiversidad y los recursos genéticos vegetales, son igualmente aplicables a la fauna que se encuentra en los ecosistemas agroforestales (FAO, 1994).

Los bosques y especialmente los de las zonas tropicales, son al propio tiempo laboratorios para la reelección natural de recursos genéticos vegetales y animales, aún a escala que no pueden igualar las estaciones de investigación actuales ni cualquier estación concebible del futuro y son también bancos dinámicos de almacenamiento de dichos genes (FAO, 1994).

Se calcula que los bosques tropicales albergan probablemente una proporción considerablemente superior al 50 % de todas las especies vivas de plantas, incluyendo una gran proporción de plantas superiores. Por ejemplo, 50 especies arbóreas indígenas en Europa, al norte de los Alpes: en Malasia, en cambio, de una superficie de bosques que abarca solo 50 ha, se identificaron 830 especies arbóreas y en Perú, en una sola hectárea, se han registrado cerca de 300 especies arbóreas (Whitmore, 1990).

Actualmente se reúnen a los técnicos agroforestales, para solucionar los conflictos originados por la expansión de la agricultura, la ganadería y la conservación de recursos forestales (Renda, 1993).

Los bosques de Cuba. Cuba ocupa el cuarto lugar en la destrucción de sus ecosistemas dentro del nuevo mundo, sólo precedido por Barbados, Haití y Puerto Rico (del Risco, 1982; Perera y Rosabal, 1987).

El territorio cubano estaba cubierto en sus inicios, en su casi totalidad (93-96 %) por bosques de diferentes tipos, altura y densidades; con las colonizaciones de España, Francia y EE.UU, conjuntamente con el desarrollo industrial y la expansión de la agricultura (fundamentalmente el monocultivo de la caña de azúcar), los bosques cubanos sufrieron una despiadada explotación, por lo que en 1958 quedaban en pie 1 817 234 ha de bosques, o sea, 16 % del territorio nacional (del Risco, 1995).

Con el triunfo revolucionario, se fomentaron varios sistemas de reforestación como son: "Plan Manatí", en la provincia de Pinar del Río y costas de la Isla de la Juventud y el "Plan Turquino", que están encaminados a incrementar los árboles forestales y frutales, con la colaboración de los pobladores del lugar. Estas y otras medidas llevadas a cabo en el país ha permitido incrementar la superficie boscosa y nacional de un 16 % en 1959, hasta casi un 20 % en la actualidad (Simeón, 1995).

Las investigaciones agrosilvícolas y silvopastoriales se iniciaron en 1981 mediante el establecimiento de parcelas experimentales en diferentes condiciones ecológicas en la Sierra Maestra, con el objetivo de obtener métodos alternativos de uso de la tierra compatibles con la fragilidad ecológica de este sistema montañoso; posteriormente fueron traídos a la región occidental del país, como una vía para satisfacer necesidades de autoconsumo (Calzadilla *et al.*, 1990).

Las investigaciones agrosilvícolas y silvopastoriales han traído consigo experiencia de investigaciones y desarrollo de los sistemas agroforestales, como alternativa de utilización múltiple de la tierra con un mínimo de insumo y bajo costo de producción, con criterios de sustentabilidad ambiental que necesitan generalizarse a una escala mucho mejor de la alcanzada, por lo que se debe enfatizar aún más su aplicación y continuar desarrollando experiencias nuevas según condiciones edafoclimáticas concretas de cada región del país (Renda, 1993).

La conservación de los recursos fitogenéticos en el mundo

La conservación de un recurso se define como la actividad y las políticas que aseguran su continua disponibilidad y existencia (FAO, 1989), estableciéndose para ello una estrategia mundial de conservación: El manejo del uso humano de los recursos genéticos es de tal modo, que puedan rendir el mayor beneficio sostenible para las generaciones actuales, conservando al mismo tiempo su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras (IUCN-UNEP-WWF, 1980). Esta estrategia de conservación será variable en dependencia de tres factores: objetivos que se persiguen, su distribución e índole biológica del material de conservación.

La conservación de recursos genéticos de especies y de la diversidad dentro de las especies (poblaciones, individuos, genes), se realiza a través de dos estrategias básicas:

- *In situ* (en el lugar), es decir, la conservación en su hábitat original o natural.
- *Ex situ* (fuera del lugar), es decir, la conservación en banco de genes. Como semilla, tejido o polen, en plantaciones o en otras colecciones vivas (jardines botánicos, viveros, rodales de conservación *ex situ*).

Cuando se establecen las estrategias de conservación de recursos fitogenéticos, hay que tener presente que éstas no son contrapuestas sino que se complementan una con la otra. Los mayores esfuerzos se están realizando en la protección de zonas, donde son abundantes y variados los recursos genéticos vegetales. Esta forma de conservación (*in situ*) brinda la posibilidad a las plantas protegidas de continuar su evolución y modificar su diversidad genética y específica (Kemp, 1978; National Academy of Sciences, 1978; Schonewald-Cox *et al.*, 1983; Namkoong, 1986), a la vez que permite utilizarse sin que nunca se agoten (Ledig, 1986). También existe un programa de conservación *ex situ* orientado a la salvaguardia y utilización de los recursos fitogenéticos. Los programas nacionales más vigorosos son los de Brasil, Canadá, Estados Unidos, India, México y URSS (Esquinas-Alcázar, 1993).

Los jardines botánicos, unos 600 en el mundo, también comparten la responsabilidad de la conservación *ex situ*. Según datos proporcionados en el XV Congreso Internacional de Genética, Estados Unidos y Europa mantienen respectivamente, alrededor de 340 000 y 750 000 muestras de diversos cultivos (Swaminathan, 1983).

En todo el mundo, las comunidades rurales han realizado procesos de adaptación de cultivos locales y plantas, según sus necesidades; pero al concentrarse la mayor diversidad vegetal en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, es allí donde los agricultores han podido mantener una mayor variedad de materiales para satisfacer sus necesidades (GRAIN, 1996).

La preocupación por la pérdida de los recursos fitogenéticos a nivel internacional comenzó en la década de los años 40. En 1961, la FAO convocó a una reunión que condujo a la creación en 1965 de un cuadro de expertos en prospección e introducción de plantas.

En 1972, la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano, celebrado en Estocolmo, adoptó una recomendación para la conservación de los recursos genéticos de plantas cultivadas en las regiones tropicales. La estrategia mundial para la conservación de semilla que se desarrolló durante una reunión en Belville, Maryland, en 1972, se empezó a aplicar en 1974 como resultado de acuerdos entre algunos países industrializados y centros de conservación de los países en desarrollo (Sasson, 1993).

En 1974 se creó el *International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR), que estableció su sede en Roma, en el *Crop Genetic Resources Center* de la FAO. El IBPGR colabora con la FAO en la formación del personal calificado en las especialidades de recolección, conservación, evaluación y utilización de los recursos fitogenéticos en la publicación de documentos especializados y en la divulgación de libros (Esquinas-Alcázar, 1987).

En 1975, el IBPGR declaró que solamente ocho instituciones tenían instalaciones para la conservación de semillas a largo plazo; siete años después eran 33. Esto fue posible gracias a la ayuda brindada por algunos países por ejemplo: En el *Plant Genetic Resources Center* (Centro de Recursos Fitogenéticos de Addis Abbeba) y el Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (CATIE), de Turrialba, Costa Rica, se crearon dos instalaciones de conservación a largo plazo de ámbito regional, con la ayuda de Alemania. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ayudó a Brasil a poner en marcha un programa de conservación de recursos genéticos dentro de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA); se han construido instalaciones de conservación en Tailandia, con la ayuda de Japón y del IBPGR; En Pakistán, con la ayuda del banco mundial; En India, con la asistencia del Reino Unido; En China, con la ayuda de la fundación Rockefeller y en Bangladesh, con la colaboración del IBPGR y del Banco Asiático de Desarrollo. Conviene también mencionar los programas de conservación y las colecciones de germoplasma de los IARC (Plucknett *et al.*, 1987).

La FAO ha desarrollado desde 1983, un sistema mundial de recursos fitogenéticos, que se basa en los siguientes principios (FAO, 1993):

- Los países tienen derecho soberano sobre los recursos fitogenéticos de sus territorios;
- los recursos fitogenéticos deben estar disponibles sin restricciones, en condiciones concentradas, para fitomejoramiento y con otros fines científicos beneficiosos para la humanidad;
- los recursos fitogenéticos y la información, las tecnologías y los fondos necesarios para conservarlos y utilizarlos son complementarios y de igual importancia;
- todos los países son en potencia donantes y usuarios de recursos fitogenéticos, información, tecnología y fondos;
- la mejor manera de garantizar los recursos fitogenéticos es asegurar la utilización eficaz, duradera y beneficiosa en todos los países;
- los agricultores del mundo han domesticado, mejorado y puesto a disposición recursos fitogenéticos y continúan haciéndolo en la actualidad;

- tanto las tecnologías avanzadas como las rurales locales son importantes y se complementan, para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos;
- la conservación *in situ* y *ex situ* constituyen dos estrategias importantes y complementarias para el mantenimiento de la diversidad genética.

En América Latina, existen tres grandes programas de conservación de los recursos genéticos en el ámbito local (Camila Montecinos y Altieri, 1992).

– Aquellas iniciativas provenientes de grupos de agricultores que buscan asegurar una producción autónoma de semillas, como una forma de aumentar los niveles de independencia y disminuir costos. En algunos casos, una evolución natural ha sido hacia el uso de variedades locales de más fácil reproducción y mayor adaptación a las condiciones existentes. Otros grupos, sin embargo, se centran solamente en la producción autónoma de semillas, sin distinguir entre variedades locales y las introducidas, incluso aquellas de base genética reducida. Aunque este trabajo se ha iniciado por grupos de agricultores, normalmente cuentan con asesoría técnica externa, incluyendo la asesoría de ONG.

– Esfuerzos dirigidos principalmente por ONG que trabajan en el desarrollo rural sostenible, destinados centralmente a conservar variedades locales, pero que también incluyen variedades introducidas. Es común aquí ver estrategias paralelas: por un lado, se producen localmente semillas de variedades comercialmente importantes, sin importar su origen o base genética. Por otro lado, se desarrolla un esfuerzo especial por mantener especies nativas y especies locales, con o sin importancia comercial, pero con un papel importante en la subsistencia, la manutención de la cultura, el conocimiento médico popular, etc. La mayoría de las ONG involucradas en este tipo de trabajo intentan ligarlo a alguna forma de organización campesina y busca una planificación y desarrollo del trabajo junto a la organización.

– Algunos profesores universitarios e investigadores de instancias públicas han comenzado esfuerzos de conservación *in situ*, conscientes de la urgencia e importancia que ella tiene (Tapia *et al.*, 1990; Blanco, 1990; Ramos, 1988; Saragoussi, 1988). Su trabajo se centra claramente en variedades locales de especies nativas. Sin embargo, normalmente por una aguda falta de recursos, muchos de estos esfuerzos terminan haciendo más conservación *ex situ* que *in situ* y la mayor parte de los materiales terminan en bancos de germoplasma nacionales, o en bancos universitarios, donde la escasez de recursos también predominan.

En el caso de Cuba, por la profunda explotación de los recursos naturales y la ausencia de leyes o medidas de protección directa a la naturaleza a lo largo de su historia prerevolucionaria; existen razones más que justificadas para afirmar la inminente necesidad de acometer estudios y tareas que resuelvan la difícil y grave situación en que se encuentran nuestros recursos fitogenéticos (Enma Castillo *et al.*, 1990).

En relación con la conservación de los recursos fitogenéticos en Cuba, en los últimos 14 años de accesiones registradas como germoplasma se ha duplicado pasando de 9 063 en 1978 a 18 668 en 1992. En la actualidad, son 15 las instituciones que conservan fitogermoplasma, y del total de accesiones, un 61.68 % pertenecen al

Ministerio de la Agricultura (MINAGRI); 21.90 % al Ministerio de Educación Superior (MES); 13.79 % al Ministerio del Azúcar (MINAZ); 1.79 % al MINSAP y 0.78 % al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Estos centros se encuentran dentro de un Comité Nacional de Recursos Fitogenéticos (CNRF) y el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SNRF) del país (Esquivel, 1993).

El CNRF es el órgano encargado de dirigir y coordinar las acciones del SNRF, estableciendo la política de prospección, conservación, introducción, mantenimiento, documentación y utilización de los recursos fitogenéticos en el país, velando además por la adecuada marcha del trabajo, tanto en lo referente a la conservación *ex situ*, como mediante conservación *in situ*, en este último caso en la especie que ello sea posible.

La conservación de especies comestibles en los agroecosistemas campesinos de Cuba

En Cuba existe aproximadamente un 10 % del área agrícola que pertenece a pequeños agricultores (Hernández y Zarate, 1991; Guevara, 1997) y es importante que en estas áreas los pequeños agricultores combinan la agricultura tradicional con la intensiva, es decir, las dos coexisten en el mismo agroecosistema: la primera contribuye a estabilizar el desequilibrio biológico que ocasiona la segunda al ocupar áreas con arboledas, jardines, huertas, policultivos, cultivos tradicionales, etc. Esto le confiere sostenibilidad al sistema y no permite que ocurra una pérdida acelerada de la diversidad biológica.

Según Esquivel y Hommer (1992), la influencia de los centros de diversidad de las especies cultivadas en los conucos (campos de cultivos pequeños o jardines donde los pequeños agricultores aún practican su agricultura tradicional) cubanos, sobre la base de la clasificación de Zeven y De Wet (1982), revelan que las plantas cultivadas provenían de casi todas las regiones del mundo, con una mayor procedencia de la región de América Central y Sudamérica, con un total de 46.2 % de las especies cultivadas. Esto se explica por la posición geográfica que ocupa Cuba con respecto a este centro y, por ello, las óptimas condiciones agroclimáticas que se dan para que estos cultivos se desarrollen así como la influencia social de esos pueblos.

En estudios realizados en Cuba, se encontró que los campesinos dedicados a este tipo de agricultura manejan en sus conucos de 30 a 40 especies de plantas cultivadas y en un total de conucos se encontraron 80 especies; con estos estudios se demuestra la importancia de los agroecosistemas artificiales, en la conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos de Cuba. En ellos se han podido desarrollar procesos evolutivos, tales como introducción, adaptación, domesticación o regresión a condiciones silvestres, contribuyendo así a aumentar la diversidad genética existente (Esquivel y Hommer, 1992).

Ira R. Paradela y Guevara (1997) plantean que a partir de las recientes transformaciones agrarias en nuestro país, se hace necesario realizar estudios que profundicen en las características de la del pequeño productor, que den cuenta de los impactos que sobre estos productores ejercen los actuales cambios y también de las experiencias de los pequeños campesinos que pudieran ser difundidas en otros escenarios de producción, para saber en qué medida las innovaciones agroecológicas pudieran ser una opción importante para mejorar su situación y activar su contribución al desarrollo agrario sostenible.

Diversidad biológica. Definición

La biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes modos de ser para la vida. Mutación y selección determinan las características y la cantidad de diversidad que existen en un lugar y momento dados (Halffter y Ezcurra, 1992).

El término diversidad biológica o biodiversidad es definido de diferentes formas por distintos autores; por ejemplo, Wilcox (1984) se refiere a la variedad de formas de vida, a los papeles ecológicos que desempeñan y a la diversidad genética que contiene; consecuentemente, la biodiversidad puede ser considerada como la sumatoria de la variación de genes, especies y ecosistemas que ocurre en la naturaleza (McNeely *et al.*, 1990). Falk (1990) plantea que es un término frecuentemente asociado con la diversidad de especies; además, presenta una relación ecológica y evolutiva mucho más abarcadora. Solbrig (1991) la define como la propiedad de las distintas entidades vivas de ser variable. Así, cada clase de entidad: gen, célula, individuo, comunidad o ecosistema, tiene más de una manifestación; en términos globales, la UNEP (1992) considera la biodiversidad como una variabilidad que ocurre entre los organismos y los complejos ecológicos; María D. Fernández-Guillén y Jongman (1994) plantean que la biodiversidad expresa tanto el número de especies de un área, esto es, su riqueza específica, como la distribución relativa de los individuos en las especies, es decir, la importancia numérica o el número de individuos de cada una. Elizabeth Bravo (1995) y Braulio (1996) la definen como la variación que existe en las diferentes formas de vida.

El funcionamiento de un agrosistema está ligado a su diversificación, tanto desde el punto de vista de la biodiversidad como de la diversidad cultural y ambiental (Bello y Gowen, 1993 y WRI, UICN, PNUMA, 1992).

Niveles y magnitud de la biodiversidad. La diversidad biológica es posible considerarla desde el hábitat natural hasta el totalmente modificado por el hombre y desde un área de pequeñas dimensiones (campo), pasando por áreas de medianas dimensiones (regiones), hasta áreas de grandes dimensiones (países, continentes, etc) (Heywood, 1993). Para su estudio se definen diferentes niveles de aproximación: nivel especie, nivel ecosistema y nivel de las interacciones entre las especies en los ecosistemas o bien a nivel intraespecífico (González, 1992 y Esquivel, 1993). Rabinowitz, Cairns y Dillon (1986) y Halffter y Ezcurra (1992) plantean que la diversidad biológica comprende tres niveles: genético, ecológico y biogeográfico). Como se puede observar, los niveles han sido reconocidos con diferentes nombres según los autores. En particular, por su sencillez y claridad, se sigue el esquema de Rabinowitz, Cairns y Dillon (1986) (cuadro 1).

En un contexto biogeográfico, la biodiversidad se mide cuantificando la heterogeneidad geográfica en una zona o región dada. Cuando la escala es continental, se incluye en la biogeografía.

La biodiversidad geográfica está dada por la diversidad de ecosistemas en una región determinada (cuadro 1). A nivel ecológico, la biodiversidad tiene dos

expresiones bien definidas en el análisis de comunidades: la diversidad presente en un sitio o diversidad Γ y la heterogeneidad espacial o diversidad β (cuadro 1) (Halffter y Ezcurra, 1992).

La biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies, sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas. Así, la diversidad es máxima cuando cada individuo de la comunidad (nivel multiespecífico) (cuadro 1) pertenece a una especie diferente, lo cual supone por tanto una falta de dominancia. Este principio se conoce con el nombre de semblanza máxima de especies. Por otra parte, si todos los individuos pertenecen a la misma especie, la diversidad es nula (Kucera, 1976).

Cuadro 1. Clasificación de los distintos niveles de la biodiversidad

Nivel de organización	Segregación espacial	Tipo de biodiversidad biológica
B I O D I V E R S I D A D	Bioma geográfico ..	Biodiversidad Γ
	Entre hábitats.....	Biodiversidad β
	Dentro de hábitats.....	Biodiversidad β
A D	Población (nivel genético-demográfico ..)	Variación y heterosis

La magnitud de la diversidad de especies, la más conspicua, no ha podido ser establecida con precisión. Se han descrito aproximadamente 1 392 485 especies de plantas y animales; sin embargo, aún existen grandes áreas sin ser explotadas, siendo posible encontrar todavía nuevas especies. Erwin (1991) estima, en un estudio realizado en los doseles de las selvas tropicales de Panamá, que el número de insectos, del cual hay alrededor de 750 000 especies descritas, puede llegar a la cifra de 5 000 000 de especies e incluso hasta de 30 000 000. Nuestro conocimiento a este respecto todavía se encuentra muy limitado.

Cuantificación de la diversidad biológica

La diversidad biológica tiene varios componentes que se expresan a diferentes escalas (biogeográfica, ecosistema y genética). Por ello, se describe el problema de la medición de la biodiversidad como una serie de metodologías separadas (pero no desvinculadas la una de la otra) para cada escala.

La biodiversidad a escala biogeográfica. Halffter y Ezcurra (1992) plantean que la medición de la biodiversidad a escala biogeográfica, es uno de los problemas actuales más urgentes y uno de los que se dispone menor información. Es este un problema en el que las herramientas metodológicas disponibles superan con mucho nuestra capacidad de medir realmente la magnitud del fenómeno. Existen en la actualidad sistemas de información geográfica y de análisis de imágenes cartográficas, que nos podrían permitir mapear con una gran precisión los patrones de diversidad biológica, si tuviéramos la información adecuada y disponible para alimentar estos programas. Desafortunadamente, esto no es así. Las bases de datos disponibles son pobres, sobre todo en lo que respecta a la ubicación geográfica de los sitios de colecta u observación.

La diversidad en ecosistemas y comunidades. Un individuo en una comunidad pertenece a una de varias especies posibles. Así, la información sobre la diversidad en una comunidad cualquiera se puede resumir como un conjunto de especies, donde cada una se encuentra representada por una cierta cantidad de individuos, es decir, cada especie tiene un valor de abundancia que la caracteriza; desde el punto de vista matemático, este problema podemos visualizarlo como un vector de especies, cada una representada por un valor de abundancia o frecuencia relativa.

La diversidad a escala genética. Ledig (1988), citado por Dirzo en 1990, plantea que la diversidad demográfica y genética ha sido definida como una "trinidad" biológica constituida por: la diversidad de alelos del mismo gen dentro de una especie, el conjunto de diferencias genéticas que caracterizan a diferentes poblaciones y las enormes bibliotecas de información genética que caracterizan a cada una de las especies. Resumiendo, la diversidad genética puede conceptualizarse jerárquicamente en tres niveles: a nivel de un alelo, a nivel de un grupo de alelos que tienden a variar en conjunto y a nivel del genoma completo de una especie.

La diversidad genética de las especies procura la base de información, para responder rápidamente a las circunstancias cambiantes del medio. Esta respuesta no siempre es la adecuada para el individuo, siendo depurada por la selección, y puede no ser la más conveniente para el hombre, como sucede cuando las plagas en agricultura o los patógenos humanos se hacen resistentes a determinadas medidas de control (plaguicidas o antibióticos).

La estadística asociada a la medición de la diversidad genética ha sido desarrollada sobre todo para datos provenientes de pruebas de electroforesis (Nei, 1972, 1973) y permite medir con mucha precisión la diversidad genética a nivel de alelos; la fórmula empleada es similar a la diversidad de Simpson.

Índices más utilizados en la cuantificación de la diversidad de especies presentes en los agroecosistemas

Índices de diversidad. La definición de índices que puedan describir cualquier comunidad sin estar sujetos a la forma de distribución que ella adopte, trata de salvar las desventajas de la curva de abundancia relativa, aunque ellos no son perfectos (González, 1997).

Índice de diversidad de Shannon (H^1). La medida propuesta por Shannon (H^1) (1949), para medir la entropía de sistemas discretos, es empleada como media de diversidad y se conoce como índice de Shannon (H^1). Mulhauser (1991) considera que el índice es relativamente insensible al efecto de cambio en el número de especies, por lo que recomienda una interpretación cuidadosa, resaltando que este es aplicable a inventarios de cualquier tipo de comunidad. Elque y Fabiano (1991) opinan que el índice parece ser un buen indicador del ecosistema y las variaciones registradas para un lugar en dos tiempos diferentes pueden dar una idea con valores comparables de los cambios ocurridos.

El índice de Shannon, se define para una determinada comunidad considerada infinita en un tiempo y espacio cualesquiera (González, 1997). El índice unifica la riqueza y uniformidad en una expresión, reflejando la heterogeneidad y actuando como índice no paramétrico (Bonet, 1997). La fórmula empleada para su cálculo es la siguiente:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (ni/N) \log (ni/N)$$

donde: ni es el número de individuos de la especie 1, 2, 3, i ; N es el número total de individuos de todas las especies y s el número total de especies.

Índice de equitatividad J de Pielou. Pielou (1969) demuestra que la información como media de diversidad está acotada, tanto para comunidades infinitas como aquellas que se consideren finitas. A partir de la relación entre la diversidad alcanzada y la máxima diversidad posible, el autor define el índice J , permitiendo la cuantificación de la equitatividad. Alcalodo (1984) también plantea una posible y nueva alternativa para el cálculo de J , al considerar solamente el número de especies acumuladas hasta el momento en que la curva de diversidad se estabilice, no tomando las especies que por su rareza no poseen importancia estructural. Algunos autores lo emplean como índice de uniformidad o equitatividad junto a otros índices ecológicos para comparar dos ecosistemas intervenidos por el hombre. Este índice se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$J' = H'/H' \text{ Máxima}$$

Índice de riqueza de Margalef. Margalef (1974) define el índice que toma su nombre como la razón entre el número de especies menos la unidad y el logaritmo del número total de individuos. Muhlhauser (1991) le señala algunas desventajas, por ser muy sensible al cambio en el número de especies y mostrar amplios rangos de variación. Calvo *et al.* (1994) agregan que no consideran la componente de equidad de la

diversidad; sin embargo, Palmer (1995) plantea que la riqueza de especies parece un valor intuitivo de la diversidad, proporcionando una visión comprensible e instantánea de la diversidad.

Índice de dominancia de Simpson. Generalmente se adopta la forma recíproca, para asegurar que el valor aumente a medida que se incrementa la diversidad; por otra parte, Pielou (1969) prefiere sustraerle a la unidad el valor del índice. Cuando la colección es supuestamente tratada como una comunidad completa, el valor del índice de Simpson obtenido es un parámetro poblacional exacto; al suponer que la colección es obtenida por muestreo aleatorio de una población indefinidamente grande, Pielou (1969) demuestra que la diversidad para este caso es formalmente idéntica a cuando se trata con toda la población, siendo un estimador insesgado del parámetro poblacional. Kucera (1976) plantea que la dominancia es inversa a la diversidad, ya que esta última implica una composición heterogénea y una pérdida de la similitud. Así, la diversidad es máxima cuando cada individuo de la comunidad pertenece a una especie diferente, lo cual supone por lo tanto una falta de dominancia.

El término dominancia se utiliza para expresar la importancia relativa de las especies en una comunidad. Nos indica hasta que punto algunas especies o grupos de especies contribuyen o influyen en algunos aspectos de la comunidad, como son el número de individuos, la cantidad de reservas o la producción de energía (Kucera, 1976).

La fórmula empleada para su cálculo es:
$$D_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^s (n_i/N)^2}$$

Pecenko (1982) considera que tiene más cualidades positivas que el índice de Shannon.

Ferrer-Veliz (1978) define la dominancia como: especie o especies que por la extensión de su presencia y densidad por unidad de superficie, caracterizan y controlan el entorno bajo su influencia. La media de dominancia define la composición comunitaria. Mulhauser (1991) establece dos posibilidades para su definición: una especie es dominante si está presente en la mayor abundancia, la que posee mayores tallas, la que cubre más espacio; o la que tiene mayor impacto en la dinámica de la comunidad. El índice de dominancia de Simpson alude a la primera de las posibilidades; se construye como la ponderación de la abundancia de las especies que son más comunes (Calvo *et al.*, 1994). Deborah Neher *et al.* (1995) aseguran que este índice le da más peso a las taxas más abundantes.

Relación especie-área

Según Halffter y Ezcurra (1992), Fisher (1943) abordó por primera vez un problema que ha resultado ser de inmensa trascendencia en la ecología de la conservación. Basado en la idea de que existe en la naturaleza un gran número de especies raras, y que cuanto más grande sea una muestra biológica, mayor será el número de estas especies incluidas, Fisher concluyó que debería haber una relación entre el tamaño de un área y el número de especies incluidas en dicha área.

Un adecuado conocimiento de la relación especie-área, es de gran importancia en los estudios de evaluación e inventarios de la riqueza biológica de una determinada región (Halffter y Ezcurra, 1992).

Quinghong (1995) afirma que otra tendencia entre los investigadores es utilizar la razón especie-área, relación muy interesante. Palmer y White (1994) disertan sobre la dependencia de lo espacial con la riqueza de especies en un estudio en el área natural de Oosting en el bosque de Duke. Llegando a la conclusión de que a medida que aumenta el área muestreada, aumenta la riqueza de especie en forma exponencial, con la particularidad de que las curvas muestran paralelismo después del punto de inflexión; cuando los cuadros tienen poca área, la distancia entre ellos no parece influir, pero si los cuadros son grandes, las distancias entre ellos son importantes en la riqueza de especies y el tamaño del cuadro es el componente que más incide en la relación especie-área. Palmer (1995) informa en un estudio florístico una fuerte relación entre el área muestreada y el número acumulativo de especies encontradas.

Extinción de especies y pérdida de la diversidad

La pérdida de biodiversidad es un problema mundial que obedece a distintas causas, muchas de las cuales no están ni siquiera al alcance de nuestras manos. La toma de conciencia a este respecto es una postura que debemos tener, pues como seres vivos que somos, no podemos permanecer indiferentes ante tal situación. Estamos comprometiendo nuestro futuro como especie, el futuro del planeta como entidad total y, en última instancia, estamos atentando contra el fenómeno del cual todos formamos parte: el fenómeno de la vida (CICY, 1992).

Las principales causas que provocan la pérdida de la diversidad genética de las plantas cultivadas son: la introducción de nuevas variedades en los centros de diversidad que trae consigo el abandono de cultivos de variedades tradicionales o primitivas, aumento de la superficie de cultivo, destrucción de plantas silvestres y favorecimiento del monocultivo; conjuntamente con la colonización del mercado del tercer mundo por parte de compañías multinacionales que prohíben los cultivos tradicionales y hacen una sustitución de los utensilios tradicionales (Vega *et al.*, 1997). Sin embargo, la diversidad de las plantas cultivadas depende del efecto conjunto de tres elementos relacionados: medio ecológico (suelo y clima en condiciones favorables), tecnología y factores socioeconómicos que surgen depresiones sobre especies alimenticias (Aboites, Martínez y López, 1996).

También en la flora no cultivable ocurre erosión genética; en este caso, las fuerzas y los factores que conducen las especies a la extinción se pueden agrupar en dos categorías, de acuerdo con Soulé y Simberloff (1986) y Clark y Seebeck (1989).

Factores intrínsecos o sistemáticos. Incluyen fuerzas deletéreas tales como la fragmentación de los hábitats así como interacciones con otras especies (incremento de la predación, competencia, parasitismo, enfermedades o disminución de las interacciones mutuas). Incluye, igualmente, la disminución de la variabilidad genética, la multiplicación de mutaciones deletéreas, la disminución del tamaño efectivo de la población y el aumento del entrecruzamiento consanguíneo.

Factores extrínsecos o aleatorios. Incluye fuerzas deletéreas tales como las perturbaciones naturales cuando impiden el acceso de ciertas especies a los recursos alimenticios, enfermedades contagiosas, inundaciones, incendios, deslizamientos de tierra y huracanes.

La modernización de la agricultura vs diversidad de especies

El afán del hombre por implantar técnicas de cultivo desarrollista, lo condujo a diseñar la llamada "Agricultura Moderna", basada en un corte industrial en busca de sistema con grandes áreas de monocultivo, apoyado en fuertes inversiones de capital y poca utilización de mano de obra. El uso de gran cantidad de insumos como fertilizantes, plaguicidas, otros productos químicos y exagerados gastos de combustible para lograr altos rendimientos, le impregnan a estas prácticas agrícolas un sentido artificial (Funes y Funes Monzote, 1995).

Según Roger, Heong y Teng (1991), citados por Smith (1996), plantean que la expansión de la agricultura moderna ha traído muchos beneficios, pero los efectos negativos a corto y largo plazos han sido significativos; por ejemplo, los monocultivos, la mecanización y el uso de sustancias agroquímicas disminuyen la biodiversidad y destruyen insectos benéficos y microorganismos del suelo.

El amplio empleo de diferentes pesticidas en la "Agricultura Moderna" presenta peligro incluso para el hombre. Y para la biota las amenazas son tan numerosas y diversas, que es difícil enumerarlas. Por ejemplo, con el tratamiento químico de cultivos hortenses, junto con las especies a suprimir se reduce bruscamente el índice numérico de otras formas de insectos. Sin embargo, después del tratamiento el índice numérico de las especies peligrosas se restablece pronto. Como resultado de la falta o disminución de la cantidad de sus enemigos naturales y parásitos, estas tienen la posibilidad de reproducirse con éxito (Yablokov y Ostrounov, 1989).

Este ejemplo al igual que muchos otros, nos demuestran un nuevo aspecto, el cual se tenía antes poco en cuenta: el de la complejidad y fragilidad de los vínculos de la biocenosis, los que son muy vulnerables para tales efectos, como la contaminación química del ambiente o el empleo de pesticidas.

Con la intensificación de la agricultura, la extensión priorizada adquiere la raza y categorías más productivas hoy en día, las que desplazan las aborígenes. El desplazamiento y la eliminación de las últimas, provoca la pérdida del fondo de genes de las plantas cultivables y los animales domésticos, estableciendo una dominancia de las especies más productivas sobre las primitivas.

En los ecosistemas centroeuropeos existen abundantes estudios detallados sobre los efectos negativos de diversas formas de intensificación agrícola. Así, en Alemania se estima que 500 de las 700 especies de plantas vasculares incluidas en la lista roja, están amenazadas por los efectos de la agricultura, principalmente por causa del excesivo de fertilizantes (Meyer, 1990). En algunas zonas de Holanda, el 95 % de las asociaciones vegetales han desaparecido por el sobrepastoreo, con desfavorables consecuencias para las poblaciones animales (Naveso, 1993).

Las técnicas utilizadas en la explotación agrícola tienen, por tanto, gran importancia para la conservación de la diversidad. Así, técnicas intensivas provocan la eliminación de un número elevado de especies en la comunidad (Merrian, 1992).

Cuando se habla de la pérdida de la biodiversidad biológica, no solamente se hace referencia a la pérdida total de las especies, sino también a la reducción de la diversidad genética dentro de cada especie, así como la pérdida del conocimiento y formas de aprovechamiento y conservación. Esto enfocado también a la cultura tradicional y moderna, que las diferentes sociedades tienen sobre las características y propiedades de las plantas y animales que usan y de las que dependen para su sobrevivencia (Toledo y Anta, 1995).

La disminución de la riqueza de especies de una comunidad no es el único resultado de la acción intensa en la biocenosis. A menudo se observa un proceso inverso de irrupción de nuevas especies en la biocenosis. En algunos ecosistemas el número de estas especies introducidas es inmenso.

Las plantas cultivables, importadas por vías diversas, actualmente salvajes y semisalvajes, al entrar en la flora local, forman un complejo de especies llamadas advenedizas. En muchos países de Europa, en Canadá, Japón, en algunos estados de los EE.UU la parte de estas especies en las floras constituye 10-20 % (en Nueva Zelanda, por ejemplo, cerca del 25 %, en Gran Bretaña, hasta el 29 %). En la provincia de Leningrado, de las 1 283 especies de plantas superiores, por lo menos una tercera parte la constituyen especies advenedizas (Yablokov y Ostrounov, 1989).

La simplificación de la diversidad alcanza su forma extrema en los monocultivos agrícolas. Estos expresan fundamentalmente la búsqueda de rentabilidad económica, basándose en el concepto ecológico de la competencia entre especies y como consecuencia conllevan a una reducción de la diversidad de especies (Bello y Gowen, 1993).

La "Agricultura Moderna" es altamente dependiente de unas pocas variedades. Así, en Estados Unidos, el 60-70 % de la superficie del frijol es cultivada con dos a tres variedades. El 72 % del área de la papa se siembra con cuatro variedades y el 53 % del área del algodón con tres variedades y sólo 29 especies de plantas producen actualmente el 90 % de los alimentos (Sasson, 1993). Esta dependencia a tan restringido número de especie vegetal no siempre ha sido así; el hombre antiguo utilizaba cerca de 1 500 especies silvestres para su alimentación y en un período no menor de 1 000 años se redujo a 20 especies ampliamente cultivadas.

El resultado final de la actividad humana, es casi siempre la ocurrencia de unas pocas especies muy abundantes, en donde antes había de ellas una gran diversidad (Berovides, 1988). La tendencia a eliminar la biodiversidad de especies, puede traer consigo grandes problemas tanto ecológicos como económicos.

A continuación citamos algunos ejemplos donde una estrecha base genética puede causar consecuencias catastróficas. De la historia se conocen hechos de la pérdida de cosechas de patatas en Inglaterra y Europa Continental en 1840, de plantaciones de café en Ceilán en 1870-1890 y en América del Sur, en los años 70 del siglo XX, de arroz en Bengalia en 1942; de avena en 1946 y de maíz en 1970 en los EE.UU; en Irlanda una mutación de *Puccinia striiformis* (roya del trigo) arrasó el cultivar de trigo resistente "ceres"; en la Florida *Xanthomona campestris* atacó cultivos de cítricos provocando daños de 20 millones de árboles y 9 millones de plántulas y el caso de

Cuba en los años 1979-1980, se calcula una pérdida de más de 1 000 000 t de azúcar por ataque de roya (*Puccinia melanocephala*) en la variedad comercial de caña de azúcar Barbado 4362, que representaba el 40 % del total sembrado.

Muchos casos similares, aunque con repercusiones menos graves, se han multiplicado por doquier en los últimos años, poniendo en peligro la estabilidad económica y social de algunos países (Esquinas-Alcázar, 1993).

Estos desastres agrícolas han conducido a algunos ecólogos a renegar de la agricultura y a preconizar su reemplazo por los bosques y pasturas naturales, un consejo muy acertado si no fuera totalmente impracticable (Molina, 1988).

La historia de la "Agricultura Moderna" puede caracterizarse por el hecho de que cada vez un número más reducido de especies y variedades, tiene que alimentar un número de hombres cada vez mayor.

Consideraciones finales

La tierra posee un potencial de recursos fitogenéticos que no ha podido ser cuantificado y mucho menos explotado de forma óptima por el hombre. La falta de conocimientos ha conllevado a la pérdida de innumerables especies vegetales, producto de la ruptura de los ecosistemas naturales.

La preocupación internacional sobre la conservación de los recursos fitogenéticos ha tomado una importancia primordial, creándose programas y estrategias a niveles regional e internacional de conservación, en los que están involucrados un gran número de instituciones y ONG tanto nacionales como internacionales.

La conservación de especies ya sea *in situ* o *ex situ*, se hace cada día más importante e incluso vital para darle respuesta a los problemas en la agricultura en el futuro. En la actualidad, existen técnicas modernas de conservación de especies, como la crioconservación, cultivo de tejido o polen, etc., que combinadas con técnicas tradicionales de conservación, utilizadas por campesinos, pueden asegurar un bajo nivel de pérdida de los recursos fitogenéticos. Pero la conservación de ellos no es solo un problema de conservar una especie determinada, sino también la comunidad, ya que cada especie juega un determinado rol en ella y a su vez en el ecosistema en general.

Referencias

- Aboites, M. G., G. F. Martínez y B. L. López. Diversidad genética y desarrollo del agricultor. *Políticas Agrícolas* 1(II):134-167, 1996.
- Alcalodo, P. M. Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de comunidades marinas de Cuba. *Ciencias Biológicas* 11: 61-77, 1984.
- Alvarado, L. Gestión ambiental en Chile. /L. Alvarado.- Santiago de Chile : CEPAL, 1995.-57 p.
- Bello, A. y S. R. Gowen. Agroecología y protección de cultivo. *Ecosistemas*. 7, 1993.
- Berovides, A. V. Orden u diversidad en el mundo viviente. /A. V. Berovides.- La Habana : Ed. Científico-técnica, 1988.- 108 p.
- Blanco, O. Conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos Andinos para la producción de semillas con agricultores campesinos. Paper presented to the workshop Preservación de recursos fitogenéticos: de cultivos Andinos y producción de semillas para la agricultura campesina. —Cusco: Perú, 1990.
- Bonet, J. A. Gestión de especies naturales. /J. A. Bonet.- En su: Diplomado de Ordenación rural en función del Medio Ambiente, 1997.- p. 1-26
- Borhidi, A. Catálogo de plantas cubanas amenazadas o extinguidas. /A. Borhidi, O. Muñiz.- La Habana : Editorial Academia, 1983.
- Braulio, F. Conservación da diversidade biológica. Dialogo XLV Conservación de germoplasma vegetal. /F. Braulio.- Uruguay : IICA, 1996.
- Bravo, Elizabeth. La apropiación de lo ajeno, derechos de propiedad intelectual y biodiversidad/ Elizabeth Bravo.- Quito, Ecuador, 1995.
- Los sistemas agroforestales en la República de Cuba. /E. Calzadilla... /et al./.- La Habana: CIDA, 1990.- 36 p.
- Ecología General: Práctica y Experiencias (Y). /Calvo, ... /et al./.- Murcia : Universidad de Murcia, 1994.- 194 p.
- Castillo, Enma /et al./ El almacén de semillas del Jardín Botánico nacional hacia una nueva estrategia : la consevación de la flora nacional. *Jardín Botánico Nacional*. XI(2-3):109-112, 1990.
- Conserving the world's biological diversity. /J. A. McNeely... /et al./.- Gland, Switzerland, Washington: IUCN/WRI/CI/WWF-US/World Bank, 1990.- 193 p.
- CICY. Biodiversidad. Jardín Botánico Regional. Boletín Informativo. (6) Mérida, Yucatán, marzo, 1992.
- Clark, T. W. y J. H. Seebeck. Management and conservation of small populations. /T. W. Clark; J. H. Seebeck.- En: Proceedings of a conference held y Melbourne, 1989.
- Dirzo, R. La biodiversidad como crisis ecológica actual... ¿que sabemos? *Ciencias* (No. Especial) 4:48-55, 1990.

- Elque, J. C. Diversidad específica en inventario de peces en embalses de salto grande durante 1984. /J. C. Elque, G. Fabiano. En: II Taller Internacional sobre Ecología y Manejo de Peces en Lagos y Embalses (II:1991:Santiago de Chile, COPESCA). Santiago de Chile: FAO, 1991.- p. 31-46.
- Erhlich, P. y A. Erhlich. Extinction : The causes and consequences of the disappearance of species. /P. Erhlich, A. Erhlich.- New York : Randon House, 1987.
- Erwin, T. L. The tropical forest canopy. The heart of biotic diversity. /T. L. Erwin, E. O. Wilson.- En: Biodiversity Washington : National Academic Press, 1991.- p. 521.
- Esquinas-Alcázar, J. T. Plant Genetic Resources : a base food for security. Ceres (118):39-45, 1987.
- Esquinas-Alcázar, J. T. Plant Genetic Resources. /J. T. Esquinas-Alcázar.- En: M. H. Hayward... /et al./. Plan Breeding : Principles and Prospects. Ed. London, 1993, p. 33-51.
- Esquivel, M. y A. K. Hommer. Contemporary traditional agriculture-structure and diversity of the "conuco". /M. Esquivel, A. K. Hommer.- En su: Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources. - Germany: Buch and offsetdruck luders, 1992.- p. 174-192.
- Esquivel, M. A. Los recursos fitogenéticos y la agricultura sostenible./M. A. Esquivel.- En: Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. (1:1993:La Habana).- La Habana: ISCAH, 1993.- p. 19-22.
- Estrategia global para la biodiversidad. Pautas de acción para salvar, estudiar y usar en forma sostenible y equitativa la riqueza biótica de la tierra. /WRI, UICN y PNUMA.- Documento del Instituto de Recursos Mundiales, Unión Mundial para la Naturaleza, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992.- 243 p.
- Falk, D. A. Integrated strategies for conserving plant genetic diversity. /D. A. Falk.- Ann. Missouri Bot. Gard. 77:38-47, 1990.
- Falk, D. A. The theory of integrated conservation strategies for biological diversity. /D. A. Falk.- En: Ecosystem management: rare species and significant habitats. (Bull. No. 471). New York, 1990b.
- FAO. Recursos fitogenéticos; su conservación *in situ* para el uso humano. /FAO: Roma, 1989.
- FAO. Resumen anual. Resumen de las actividades de la organización durante 1991. Roma, 1991. p 17-18.
- FAO. Informe parcial sobre el sistema mundial para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos. /FAO: Roma, 1993.
- FAO. El desafío de la ordenación forestal sostenible. /FAO: Roma, 1994.
- Fernández-Guillén, María. D. y R. G. Jongman. Diversidad y Agricultura. El Campo 131:65-74, 1994.
- Ferrer-Veliz, E. Diccionario del ambiente. /FUDESCO : Barquisimeto, 1978.- 135 p.

- Funes, F. y F. Funes. ¿Qué es la Biodiversidad?. Agricultura Orgánica 1(1):15-18, 1995.
- García, L. Sistemas Agroecológicos. /L. García.- En su: Diplomado Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente, 1997.
- Genetics and Conservation. /C. Schonewald-Cox... /et al./.- Washington : Departament of the Interior, 1983.
- Gentry, A. "El significado de la biodiversidad". /A. Gentry.- En: Memoria I Seminario Internacional Biodiversidad (1:1992 oct. 28-29:Xalapa, Veracruz), 1992.
- Gómez-Sal, A. "Ecología de los sistemas agrícolas". Ecosistemas (7):10-15, 1994.
- González, J. A. Biodiversidad. Jardín Botánico Regional. Boletín Informativo (6):2-14, 1992.
- González, F. Ecological consequences of the abandonment of traditional land use systems in central Spain - Options Mediterraneans 15:23-30, 1991.
- González, J. R. Métodos ecológicos matemáticos aplicados al agroecosistema de la caña de azúcar. /J. R. González.- Holguín : Universidad de Holguín, Departamento de Ciencias Agropecuarias, 1997.- 34 p.
- GRAIN. Conservación *ex situ*: del campo al refrigerador. Biodiversidad (8):12-19, 1996.
- Guevara, C. E. M. Agroecología y desarrollo sostenible en Cuba: Obstáculos y perspectivas. /C. E. M. Guevara.- En su: Agroecología y Desarrollo rural sostenible (Modulo 3).- La Habana: CLADES-CEAS-ISCAH, 1997.-p. 136-144.
- Halffter, G. Qué es la biodiversidad? /G. Halffter, E. Ezcurra.- En su: La diversidad biológica en Iberoamerica 1.-- Xalapa: Instituto de Ecología, 1992.-p. 3-24.
- Hernández, X. E.. Agricultura tradicional y conservación de recursos genéticos *in situ*. /X. E. Hernández, M. Zarate.- En su: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.- Chapingo : SOMEFI, 1991.- p. 7-28.
- Heywood, V. La nueva ciencia de la síntesis. Naturopa 73:4-5, 1993.
- IUCN-UNEP-WWP. World conservation strategy. Lyvin y Resources conservation por sustainable Development. IUCN - UNEP- WWP, Gland, 1980. 55 p.
- Kemp, R. H. Exploration, utilization, and conservation of genetic resources Unasylyva (PAO, Rome). 30(119-120):10-6, 1978.
- Kucera, C. L. El reto de la ecología. /C. L. Kucera.- Mexico, 1976.- 223 p.
- Ledig, F. T. Conservation strategies for forest gene resources. /F. T. Ledig.- En: Forest ecology and management, 1986.- 77-90 p.
- Margalef, R. Ecología. /R. Margalef.- Omega : Barcelona, 1974.
- Measures of nematode community structure and source of variability among and within agricultural fields. /Deborah Neher... /et al./.- En su: The significance and regulation of soil biodiversity. Kluwer Academics Publishers, 1995.- p. 187-201.
- Merrian, G. Biodiversity in temperate agricultural landscape. /G. Merrian.- En: Comparison of landscape pattern dynamics in European rural areas, land use changes in Europe and their impact in the environment - Euromab, 1992.
- Meyer, H. From agricultural to rural policy in the E.C. Seminar on Europe : implications for rural areas. /H. Meyer.- Escocia, Reino Unido: Abeerdershire, 1990.

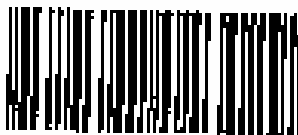
- Molina, S. J. Hacia una nueva agricultura. /S. J. Molina.- Buenos Aires : Ed. El Ateneo, 1988.- p. 1-22.
- Montecinos, Camila. Situación y tendencias en la conservación de recursos genéticos a nivel local en América Latina. /Camila Montecinos, M. Altieri.- Santiago de Chile, 1992.
- Moreno, V. Causas de extinción y prioridad en los trabajos de conservación de plantas amenazadas en Cuba. Jardín Botánico Nacional. XI(2 y 3):105-107, 1990.
- Mulhauser, H. A. Generalidades sobre el uso del índice de cambios ecológicos en ecosistemas acuáticos templados. /H. A. Mulhauser.- En: II Taller Internacional Sobre Ecología y Manejo de Peces en Lagos y Embalses (II:1991:Santiago de Chile).- Santiago de Chile : COPESCAL, FAO, 1991.- p. 101-111.
- Myers, N. "Threatened Biotas". "Hot spots" in Tropical Forests for the Environmentalist. 8 : 187-208, 1988.
- Namkoong, G. Genetics and the forests for the future. *Unasylva* 38 (2):2-18, 1986.
- National Academy of Sciences. Conservation of germplasm resources; an imperative. Washington : National Academy Press, 1978.
- Naveso, M. A. Agricultura y medio ambiente: hacia la integración. *Ecosistemas* 7, oct-dic: 20-25, 1993.
- Nax-Neef, M. Tanscripción de la conferencia sobre el desarrollo a escala humana. /M. Nax-Neef.- Bogotá : Universidad Javeriana, 1987.
- Nei, M. Genetic distance between populations. *The American Naturalist* 106:283-292, 1972.
- Nei, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the States of America* 70:3321-3323, 1973.
- Ortiz, R. Modelos de extinción y fragmentación de habitat/ R. Ortíz.- En su: La biodiversidad biológica en Iberoamérica I.- Jalapa, México : Instituto de Ecología, 1992.- p. 25-38.
- Palmer, M. W. How should one count species ? *Natural Areas Journal* 15:124-135, 1995.
- Palmer, M. W., P. S. Whitc. Scale dependence and the species-area relationship. *The American Naturalist* 144 (5):717-740, 1994.
- Paradela, Ida y E. M. Guevara. El pequeño campesino Cubano y el desarrollo sostenible. /Ida Paradela, E. M. Guevara.- En su: Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible (Modulo III).- La Habana : CLADES-CEAS-ISCAH, 1997.-- p117-125.
- Pecenko, Y. A. Principios y Métodos de análisis cuantitativo en investigaciones faunísticas. /Y. A. Pecenko.- Moscú : Ed. Nauka, 1982.- 288 p.
- Perera, A., O. Rosabal. Elementos para la valoración del estudio actual y perspectiva de las áreas protegidas en Cuba. /A. Perera, O. Rosabal.- En: Informe presentado en el Día Mundial del Medio Ambiente.- La Habana : Ministerio de la Agricultura, 1987.- 35 p.
- Pielou, E. C. Biogeography. /E. C. Pielou.- New York : John Wiley and Sons, 1969.

- Plucknett, D. L. /et al./. Gene banks and the world's food - Princeton, N. J. Princeton university Press (Agribookstore, Winrock International, Arlington, Virginia), 248 pp, 1987.
- Qinghong, L: A model for species diversity monitoring at community level and its applications. Environmental Monitoring and assessment 34:271-287, 1995.
- Querol, D. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Aproximación técnica y Socioeconómica. /D. Querol.- Lima: Industria gráfica, 1988.
- Rabinowitz, D. Seven kinds of rarity. /D. Rabinowitz, S. Cairns, T. Dillon.- En: Soulé, M. E. Conservation Biology. Sinauer, Sunderland, Mass, 1986.- p. 182-204.
- Ramos, J. Reserva de la biosfera. Reserva de Manatlan. /J. Ramos.- En: Papel presented to the latin American workshop on plant genetic Resources. Santiago de Chile, 1988.
- Renda, A. Experiencias agroforestales en la República de Cuba. /A. Renda.- En: Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.- La Habana : INCA, 1993.
- Risco, E. del. Los Bosques de Cuba : historia y características. /E. del Risco Rodríguez.- La Habana : Editorial Científico-Técnica, 1995.- 94 p.
- Risco, E. del. La conservación de la naturaleza y los jardines botánicos. Rev. Jard. Bot. Nac. 3(1):167-195, 1982.
- Saragoussi, M. Extractivismo una forma de conservación dos recursos genéticos. /M. Saragoussi.- Paper presented to the latin American Workshop on plant Genetic Resources.- Santiago de Chile, 1988.
- Sasson, A. Conservación y uso de los recursos fitogenéticos. /A. Sasson.- En su: La alimentación del hombre del mañana.- UNESCO : Ed. Reverte, 1993.- p. 613-671.
- Simeón, R. E. Garantizar el presente, sin hipotecar el futuro. Granma.- (La Habana), julio (11-12), 1995 : 2.
- Smith, N. J. H. Effects of Land-Use Systems on the Use and Conservation of Biodiversity. /N. J. H. Smith.- En: Biodiversity and Agricultural Intensification.- Washington : The World Bank, 1996.- p. 52-79.
- Solbrig, O. T. Biodiversity, A review of the scientific issues and proposal for a collaborative program of research. /O. T. Solbrig.- MAB Digest 9, UNESCO, 1991.
- Soulé, M. E. y D. Simberloff . What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? Biological Conservation 35:19-40, 1986.
- Swaminathan, M. S. Genetic conservation, microbes to Man. /M. S. Swaminathan.- En: Presidential address in : XV International Congress of Genetics (15:1983:New Delhi), 1983.- 32 p.
- Tapia, M. S. Conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos andinos para la producción de semilla con agricultores campesinos. /M. S. Tapia, A. Franco Rosas, A. Florindez. Paper presented to the workshop Preservación de recursos Fitogenéticos de cultivos andinos y producción de semillas para la agricultura campesina. Cusco, 1990.
- Toledo, C. Los procesos de deterioro de bosques, suelo, biodiversidad y aguas continentales en México. /C. Toledo, S. Anta.- CEPAL, 1995.

-
- UNEP. Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro: United Nations Environment Programme (UNEP), 1992.- 24 p.
- Vega, J. /et al./ . Agricultura tradicional: una vía para la conservación y refugio de las especies. *Cultivos Tropicales* 18(1):58-61, 1997.
- Whitmore, T. C. Tropical rain forest, Oxford : Clarendon Press, 1990.
- Wilcox, B. A. Concepts in conservation biology: Applications to the management of biological diversity. /B. A. Wilcox.- En su: Natural diversity in forest ecosystems: Proceedings of the Workshop. Athens.- GA, EE.UU: University of Georgia, 1984.- p. 155-172.
- Wilkes, G. Germplasm conservation towards the year 2000 ; potential for new crops and enhancement of present crops. /G. Wilks.- En: C. Yeatman, D. Kfton y G. Wilkes : Ed. Plant genetic resources - a conservation imperative, Washington, D. C, 1984.
- Wilson, E. O. "Threats to Biodiversity". *Scientific American* 261:108-116, 1989.
- Yablokov, A. V. Conservación de la naturaleza viva. /A. V. Yablokov, S. A. Ostrounov.- Moscú: Ed. VIPO Vneshtorgizdat, 1989.- 235 p.

A lo largo del desarrollo de la agricultura, el hombre ha tenido que enfrentar grandes retos; actualmente entre ellos, se le da prioridad a la conservación de los recursos fitogenéticos, ya que debido al manejo empleado en los agroecosistemas, hoy peligra la vida de un gran número de especies, no solo vegetales sino también animales y en ocasiones hasta la del propio ser humano. Es por ello que en este documento se exponen los conceptos básicos relacionados con la biodiversidad, los índices más utilizados en su estimación y las causas fundamentales que han conducido al deterioro de la diversidad de especies en los agroecosistemas.

ISBN 959-7023-03-1



9 789597 023029