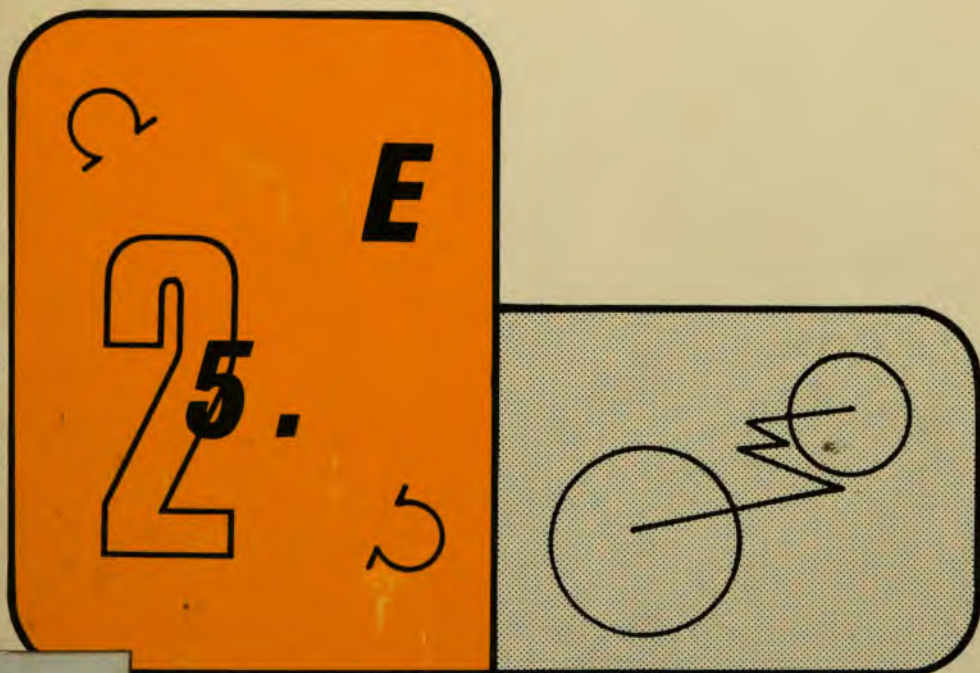


Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

IICA
U10
97
01



IICA
U10
97

istema internacional de unidades

00007612



31 AGO 1967

INTRODUCCION

La necesidad de un sistema universal de medición es evidente y sin embargo desde hace muchos siglos la humanidad mide, cuenta y pesa con unidades diferentes y con errores que causan confusiones. En un principio esos errores eran inevitables, pero en la actualidad cualquier error se hace imperdonable. Debido a la variedad de sistemas de unidades que todavía se acostumbra, se han proliferado desordenadamente las equivalencias en todo el mundo, provocando complicaciones que hacen indeseable su existencia. Hasta el año de 1944 existían en los diferentes países del mundo más de 500 unidades diferentes con sus correspondientes equivalencias a los sistemas más comunes.

El desarrollo científico, la comunicación casi instantánea entre los centros de investigación, la aplicación de las computadoras y la intercomunicación constante de todos los países hicieron indispensable la creación de un sistema internacional de unidades. Existe ya este sistema aceptado en el mundo y se le denominó Sistema Internacional de Unidades. A las unidades que integran este sistema se les conoce como unidades SI.

Para lograr lo anterior se creó la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (Bureau International de Poids et Mesures) que es la organización que toma resoluciones y las da a conocer públicamente.

Esta publicación tiene por objeto difundir los nuevos conceptos de las unidades, sus equivalencias a las unidades que se han venido empleando hasta hoy y el de iniciar en nuestro país su conocimiento y divulgación.

Ing. Francisco Campo Domínguez



BREVE HISTORIA

Las primeras unidades de longitud tuvieron una esencia antropológica: el codo, el pie, la pulgada, etc. y sus patrones correspondientes eran conservados y vigilados escrupulosamente. Los hebreos los guardaban en el templo; en Atenas se custodiaban con una guardia, que además se encargaba de hacer la comparación oficial. Los romanos los guardaban en el Capitolio y Carlo Magno instituyó un solo sistema de unidades en todo su imperio. Sin embargo, durante la edad media los gremios y feudos pluralizaron los patrones y no fue sino hasta 1670 que el francés Mouton propuso un sistema universal de medidas basado en la longitud de un arco de meridiano equivalente a $1/60$ de grado (actual milla marina); el inglés Wren propuso tomar como unidad de longitud, la del péndulo que bate el medio y Picard en 1671 la del péndulo de segundos; como estas hubo otras muchas.

En el año de 1791 la Asamblea Constituyente pidió a la Academia de Ciencias de Francia que elaborara un sistema de medidas nacional y ésta formó la comisión compuesta por Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace y Monge, quienes propusieron la unificación de medidas y la conveniencia de múltiplos decimales basados en el metro (Borda) cuya longitud sería la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre.

Esta propuesta fue aceptada por la Asamblea y se iniciaron de inmediato las mediciones del Meridiano entre Dunkerque y Mont Juic (Barcelona) estableciéndose un metro provisional.

La publicación del decreto correspondiente fue hecha por la Asamblea Legislativa el 1 de agosto de 1793.

En 1796 se depositó en los "Archives" de París el primer Metro Patrón de Platino que actualmente se encuentra en el Conservatorio de Artes y Oficios de dicha ciudad.

Sólo hasta el 4 de julio de 1837 se establece en Francia el Sistema Métrico como obligatorio; en España a partir de 1807 se inició su propagación y en México se establece como obligatorio desde el día 1 de enero de 1886.

En el año de 1875, se reunió en Francia la Convención Internacional del metro como unidad de medida, y se acordó formar la organización internacional de pesas y medidas *Bureau International de Poids et Mesures* (BIPM) cuya sede principal está actualmente cerca de París, Francia, en Parc de Saint Cloud.

Esta oficina internacional construyó varios Metros Patrones a base de una aleación de Platino con 10 por ciento de Iridio. El metro patrón del que se hicieron las copias es una barra de sección especial que se denominó sección Tresca en memoria del Sr. Ing. Enrique Eduardo Tresca que nació en Dunkerque el 12 de octubre de 1814 y murió en París el 21 de junio de 1885, cuando era ya miembro de la Academia de Ciencias. Sobre el alma de esta sección, y en uno de sus lados, se grabaron dos líneas microscópicas cerca de los extremos para limitar la distancia entre ellas que dan la longitud exacta del metro como unidad de longitud.

Para las comparaciones se usaron métodos interferométricos realizados por Michelson y más tarde por Fabry y Perot. Durante este período las unidades fundamentales quedaron establecidas para longitud, área, volumen y masa; basadas en el metro y en el kilogramo. En 1881 se añadió el segundo como medida de tiempo y en 1900 se convino en formular el Sistema Metro-Kilogramo-Segundo (MKS). No fue hasta 1935 que la Comisión Internacional Electrotécnica solicitó a la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) la adopción de unidades para medición de la energía eléctrica proponiendo como unidades eléctricas el Ampere, el Coulomb, el Ohm y el Volt. De estas unidades se aceptó solamente el Ampere, que se agregó al sistema establecido MKS, quedando como sistema nuevo el MKSA.

En el año de 1960, la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) decidieron por unanimidad la creación de un sistema internacional de unidades de medición. A este nuevo sistema se le denominó SI, que son las iniciales de Sistema Internacional.

Hasta el día 1 de agosto del año 1975 había 44 países miembros del BIPM entre los que se encuentra México. La tarea de esta organización es la de asegurar la unificación mundial de las unidades para pesas y medidas.

Su responsabilidad consiste en:

1. Establecer los estándares y las escalas de medida fundamentales para las cantidades físicas, manteniendo prototipos internacionales.
2. Estudiar y comparar los estándares nacionales e internacionales.
3. Asegurar la coordinación de las técnicas de medición.
4. Coordinar y publicar las determinaciones relativas a las constantes físicas.

Las actividades de esta organización, que en un principio fueron limitadas a las medidas de longitud y masa y a estudios meteorológicos en relación a esas unidades, ahora se han ampliado para obtener las medidas internacionales para electricidad, fotometría y radiación.

Hasta el momento actual han sido aprobadas por BIPM y por CGPM, y ya se emplean en los centros de investigación de todo el mundo las unidades establecidas que se dividen en Unidades Base, Unidades Suplementarias y Unidades Derivadas.

UNIDADES BASE

Son siete unidades bien definidas y dimensionalmente independientes, cuya especie o magnitud, unidad, símbolo y dimensión son las siguientes:

Especie	Unidad	Símbolo	Dimensión
Longitud	metro	m	L
Masa	kilogramo	kg	M
Tiempo	segundo	s	T
Intensidad de Corriente Eléctrica	ampere	A	I
Temperatura	grado Kelvin	K	Θ
Intensidad Luminosa	candela	cd	I
Cantidad de Sustancia	mole	mol	mol

UNIDADES SUPLEMENTARIAS

A estas unidades se les ha designado como suplementarias pero pueden considerarse también como unidades base o bien como unidades derivadas y son las siguientes:

Especie	Unidad	Símbolo
Angulo plano	radian	rad
Angulo sólido	steradian	sr *

UNIDADES DERIVADAS

Estas unidades se forman con la combinación de las unidades básicas, las unidades suplementarias y otras unidades derivadas de acuerdo con la combinación algebraica que las relaciona.

Los símbolos para estas unidades se han obtenido mediante el empleo de los signos matemáticos de multiplicación, división y exponenciales.

Como un ejemplo, la unidad SI para velocidad es el metro por segundo que se representará m/s o bien m.s^{-1} .

Estas unidades derivadas SI tienen nombres y símbolos especiales aprobados ya por el CGPM y son:

Espece	Unidad	Símbolo	Fórmula
Frecuencia (fenómenos periódicos)	hertz	Hz	1/s
Fuerza	newton	N	kg.m/s
Presión, esfuerzo	pascal	Pa	N/m^2
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	N.m
Potencia, flujo radiante	watt	W	J/s
Cantidad de electricidad, carga eléctrica	coulomb	C	A.s
Potencial eléctrico, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	volt	V	W/A
Capacitancia	farad	F	C/V

Continuación

Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	V/A
Conductancia	siemens	S	A/V
Flujo magnético	weber	Wb	V.s
Densidad de flujo magnético	tesla	T	Wb/m ²
Inductancia	henry	H	Wb/A
Flujo luminoso	lumen (ele)	lm	cd.sr
Iluminación	lux (ele)	lx	lm/m ²
Radioactividad	becquerel	Bq	1/s
Radioactividad Absorbida	gray	Gy	J/kg

Además de las unidades mostradas, hay otras unidades derivadas con nombres especiales que son combinaciones de las unidades derivadas. Las más comunes aparecen en la lista siguiente.

**ALGUNAS UNIDADES DERIVADAS
COMUNES DEL SISTEMA
SI**

Especie o magnitud	Unidad	Símbolo
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²
Aceleración angular	radian por segundo cuadrado	rad/s ²
Velocidad angular	radian por segundo	rad/s
Area	metro cuadrado	m ²

Continuación

Espece o magnitud	Unidad	Símbolo
Concentración o cantidad de sustancia	mole por metro cúbico	mol/m^3
Densidad de corriente	ampere por metro cuadrado	A/m^2
Densidad de masa	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3
Densidad de carga eléctrica	coulomb por metro cúbico	C/m^3
Intensidad del campo eléctrico	volt por metro	V/m
Densidad de flujo eléctrico	coulomb por metro cuadrado	C/m^2
Densidad de energía	joule por metro cúbico	J/m^3
Entropía	joule por kelvin	J/K
Capacidad calorífica	joule por kelvin	J/K
Densidad de flujo calorífico, radiación	watt por metro cuadrado	W/m^2
Luminosidad	candela por metro cuadrado	cd/m^2
Intensidad del campo magnético	ampere por metro	A/m
Energía molecular	joule por mole	J/mol
Entropía molecular	joule por mole kelvin	$\text{J}/(\text{mol.K})$
Capacidad calorífica molecular	joule por mole kelvin	$\text{J}/(\text{mol.K})$
Momento de fuerza	newton metro	N.m
Permeabilidad	henry por metro	H/m
Permitividad	farad por metro	F/m
Radiación	watt por steradian por metro cuadrado	$\text{W}/(\text{m}^2.\text{sr})$
Intensidad de radiación	watt por steradian	W/sr
Capacidad calorífica específica	joule por kilogramo kelvin	$\text{J}/(\text{kg.K})$
Energía específica	joule por kilogramo	J/kg

Continuación

Especie o magnitud	Unidad	Símbolo
Entropía específica	joule por kilogramo kelvin	J/(kg.K)
Volumen específico	m ³ por kilogramo	m ³ /kg
Tensión superficial	newton por metro	N/m
Conductividad térmica	watt por metro kelvin	W/(m.K)
Velocidad	metro por segundo	m/s
Viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa.s
Viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m ² /s
Volumen	metro cúbico	m ³
Número de onda	1 por metro	1/m

UNIDADES COMPLEMENTARIAS ACEPTADAS POR SI

Especie	Unidad	Símbolo	Definición
Tiempo	Minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	día	d	1 d = 24 h = 86 400 s
	semana, mes, etc.		
Angulo plano	grado (exponente)	°	1° = (π/180) rad
Tempe- ratura	grado Celsius	°C	°C + 273.15 = °K
Volumen	litro*	l (ele)	1 litro = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Masa	Tonelada métrica	t	1 t = 10 ³ kg

* Dado que puede haber confusión entre el número 1 y la letra ele, es recomendable para evitarlo, emplear la palabra "litro" completa.

DEFINICION DE LAS UNIDADES SI

La traducción autorizada del original en francés que define las siete unidades base y las dos unidades suplementarias del sistema SI es como sigue:

Unidades Base

- metro** El metro, unidad de longitud, es la longitud igual a 1 650 763.73 longitudes de onda de la radiación en vacío correspondiente a la transición entre los niveles $2P_{10}$ y $5d_5$ del átomo krypton-86 y su símbolo es m.
Definición aceptada en el año de 1960.
- kilogramo** El kilogramo es la unidad de masa; es igual a la masa prototipo internacional de 1 kilogramo patrón y su símbolo es kg.
Definición aceptada en 1889 y 1901.
- segundo** El segundo unidad de tiempo; es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondientes a la transición entre los dos niveles hiperfinos del átomo cesium - 133 en estado natural (*ground state*) y su símbolo es s.
Definición aceptada en 1967.
- ampere** El ampere es la unidad de corriente eléctrica que al mantenerse constante y pasando por dos conductores paralelos, de longitud infinita, de sección transversal despreciable, en el vacío y separados entre sí un metro, produce entre dichos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud y su símbolo es A.
Definición aceptada en 1948.
- kelvin** El kelvin es la unidad de temperatura termodinámica; es la fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua y su símbolo es K. Definición aceptada en 1967.

mole El mole es la unidad de sustancia, corresponde a la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0.012 kilogramos de carbón -12.
Definición aceptada en 1971.

Nota: Cuando se use el mole, deberán especificarse las entidades elementales que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos específicos de dichas partículas.

candela La candela unidad de intensidad luminosa, es la intensidad luminosa en dirección perpendicular a una superficie de $1/600\ 000$ de metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino y a una presión de 101 325 newton por metro cuadrado.
Definición aceptada en 1967.

radian El radian es la unidad de medición angular y corresponde al ángulo plano entre dos radios de un círculo que abarcan un arco de la circunferencia de una longitud igual al radio.

steradian El steradian es la unidad angular en el espacio y corresponde al ángulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera, limita un área de la superficie de la misma, en forma de un cuadrado, cuyos lados tienen la misma longitud que el radio de la esfera.

UNIDADES DERIVADAS SI QUE TIENEN NOMBRE ESPECIAL

gray El gray es la unidad de dosis absorbida; representa la energía proporcionada por la radiación ionizante a una masa de materia y que corresponde a un joule por kilogramo.

- becquerel** El becquerel es unidad de radio-actividad y corresponde a la de un núcleo radioactivo que tenga una transición nuclear espontánea por segundo.
- farad** El farad es la unidad de capacitancia eléctrica; es la capacitancia entre 2 placas en las que aparece una diferencia de potencial de 1 volt, cuando se cargan con una cantidad de electricidad igual a un coulomb.
- siemens** El siemens es la unidad de conductancia y corresponde a la de un conductor por el que circula una corriente de un ampere producida por una diferencia de potencial de un volt.
- henry** El henry, unidad de inductancia, es la inductancia de un circuito cerrado en donde una fuerza electromotriz de 1 volt es producida cuando la corriente eléctrica en el circuito varía uniformemente a razón de un ampere por segundo.
- volt** El volt, unidad de diferencia de potencial eléctrico y fuerza electromotriz, es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un conductor por el que pasa una corriente constante de un ampere, cuando la potencia disipada entre los dos puntos es igual a un watt.
- ohm** El ohm, unidad de resistencia, es la resistencia eléctrica entre dos puntos de un conductor al que se aplicó una diferencia de potencial constante de un volt entre los dos puntos y que produce en ese conductor una corriente de un ampere. El conductor no debe ser el origen de alguna fuerza electromotriz.
- joule** El joule, unidad de energía o trabajo, es el trabajo efectuado cuando el punto de aplicación de

una fuerza de un newton se desplaza un metro de distancia en la dirección de la fuerza.

- newton** El newton, es la unidad de fuerza; es la fuerza que aplicada a un cuerpo con una masa de un kilogramo, produce una aceleración de un metro por segundo al cuadrado.
- hertz** El hertz, unidad de frecuencia, es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es un segundo.
- lux** El lux, unidad de iluminación, es la iluminación producida por un flujo luminoso de un lumen, uniformemente distribuido sobre una superficie de un metro cuadrado.
- lumen** El lumen, unidad de flujo luminoso, es el flujo emitido en un ángulo sólido de un steradian por un punto luminoso que tiene una intensidad de una candela.
- weber** El weber, unidad de flujo magnético, es el flujo que abarcando un circuito de una espira, produce una fuerza electromotriz de un volt, al reducir uniformemente a cero dicho flujo en un segundo.
- tesla** El tesla, unidad de densidad de flujo magnético, es la densidad dada por un flujo magnético de un Weber por metro cuadrado (igual a 104 Gauss).
- watt** El watt, unidad de potencia, es el trabajo desarrollado en la unidad de tiempo, a razón de un joule por segundo.
- pascal** El pascal, unidad de presión o esfuerzo, es la presión o esfuerzo, equivalente a un newton por metro cuadrado.

coulomb El coulomb es la cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente eléctrica de un ampere.

REGLAS PARA LA ESCRITURA APROPIADA DE LOS SIMBOLOS QUE REPRESENTAN LAS UNIDADES EN EL SISTEMA SI

1. Los símbolos de unidades deberán ser escritos con letras verticales y no inclinadas.
2. Nunca se escribirán en plural, siempre en singular.
3. No serán seguidos de un punto excepto cuando se coloquen al final de una frase.
4. Se escribirán con letras minúsculas exceptuando los símbolos que provienen de un nombre propio en cuyo caso se escribirán con mayúscula, ejemplo: s, m, cd, etc., y W, N, Pa, etc. Los símbolos de los prefijos, se emplearán tal como están escritos en las páginas anteriores.
5. Cuando una cantidad es expresada con un valor numérico y un símbolo, deberá dejarse un espacio entre los dos. Por ejemplo: 35mm es incorrecto, y deberá escribirse 35 mm. Cuando la cantidad es empleada como adjetivo, deberá indicarse con un guión que lo separe, ejemplo: 35-mm de recubrimiento, con la excepción si se trata de grados, minutos y segundos de ángulos planos y grados celsius.
6. No se dejará espacio entre el prefijo y los símbolos de unidades.
7. Deberán usarse los símbolos y no abreviaturas de los mismos. Ejemplo: para amperes deberá escribirse A y no Amp.

8. Reglas para escribir los nombres. La primera letra de las unidades deberá escribirse con minúscula excepto cuando se inicie una frase o bien cuando se trate de un título que se deberá escribir con mayúscula.
9. No se usan en plural las unidades cuando se escriben completas, ejemplo: lux, watt, lumen, etc.
10. No se debe dejar espacio ni guión entre los prefijos y el nombre de la unidad. Hay tres casos en donde se pierde la última vocal: el kilohm, megohm y hectárea. En todos los demás casos cuando el nombre de la unidad empieza con una vocal y el prefijo tiene vocal, deberán escribirse las dos.
11. Escritura de las unidades formadas con multiplicación y división cuando se usan los nombres completos de las unidades. Cuando es producto, deberá dejarse un espacio entre las dos, que es lo preferido, o bien poner un guión entre las dos unidades, ejemplo: newton metro o bien newton-metro. En el caso de watt hora pueden juntarse las dos palabras: waththora.

Para los cocientes deberá emplearse la palabra por, en vez de un quebrado, ejemplo: metro por segundo y no metro/segundo.

Cuando se trata de potencias, deberá escribirse la palabra completa, ejemplo: metros por segundo cuadrado, milímetro cuadrado, metro cúbico, etc.

Para evitar confusiones en expresiones complicadas es preferible emplear los símbolos a las palabras completas.

12. Cuando se emplean los símbolos en vez de los nombres de las unidades se expresarán de la manera siguiente:
Producto con un punto al centro de los símbolos. Para newton metro será N.m.

En el caso de waththora puede suprimirse el punto:wh.
 Cuando se escriban estos símbolos en máquina o en computadora (que no tienen punto central) el punto se puede poner abajo o bien un guión.

Cocientes o división se hará en la forma siguiente:
 m/s ó $m.s^{-1}$ o bien $\frac{m}{s}$. Si hay varias unidades en el deno-

minador, pueden usarse paréntesis o exponentes negativos, ejemplo $J/(mol.K)$ o bien $J.mol^{-1}.K^{-1}$ pero no deberá escribirse $J/mol/K$.

13. Nunca deberá mezclarse en una expresión los nombres y los símbolos de las unidades.

Escritura de los números

Para marcar los decimales deberá usarse el punto en la misma línea y no emplear en ningún caso la coma. Para evitar la confusión en la escritura de los números, la recomendación de SI es separar los números dígitos en grupos de 3 contados a partir del punto decimal, ya sea a la izquierda o a la derecha del punto, dejando un espacio entre cada grupo de 3 números. En los casos en que se trate solamente de cuatro números dígitos, se puede suprimir el espacio.

Ejemplos: 2.141 596 73 722 5827 0.147 49

Cuando se trate de números de presiones, deberá indicarse calificándola apropiadamente como presión de manómetro o presión absoluta.

Se evitará el uso de billón, trillón, etc., que es ambiguo.

Nota. Estas normas están sujetas a revisión en cualquier momento por un comité técnico responsable y deberán ser revisadas cada cinco años, y si no son revisadas, tendrán que ser ratificadas o retiradas.

La ASTM, (American Society for Testing and Materials) con domicilio en 1916 Race St Philadelphia Pa. 19103, hace una invitación a los usuarios de estas normas para que se hagan comentarios, que serán cuidadosamente estudiados por el comité responsable.

Bibliografía

American Society for Testing and Materials "Standard for Metric Practice" E-380-76E.

Le Systeme International de Mesures, del Ing. Ramond Allard.

FECHA DE DEVOLUCION

31 JUL 1991

02 MAYO 1995

IICA
U10
97 c.1

Autor

Título

Sistema internacional de unidades

Fecha
Devolución

Nombre del solicitante

31 JUL 1991
02 MAYO 1995

Ma Liana Mora
A. Nango



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION
PARA LA AGRICULTURA -IICA-
UNIDAD DE COMUNICACION TECNICA -CIDIA-

San José, Costa Rica, 1982

Editorial

IICA

