

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FUNDACIÓN EMPRESAS POLAR

Los cereales

en el trópico suramericano

Técnicas modernas de conservación

Miguel Enrique Alonso Amelot

Jorge Luis Ávila Núñez

María Pía Calcagno Pissarelli


PUBLICACIONES
VICERRECTORADO ACADÉMICO
CODEPRE - CDCHT

Fundación
EMPRESAS POLAR
DE INVESTIGACIONES



Los cereales

en el trópico suramericano

Técnicas modernas de conservación

Mérida-Venezuela 2009

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Autoridades Universitarias

- *Rector*
Mario Bonucci Rossini
- *Vicerrectora Académica*
Patricia Rosenzweig
- *Vicerrector Administrativo*
Manuel Aranguren Rincón
- *Secretario*
José María Andrés

**PUBLICACIONES
VICERRECTORADO
ACADÉMICO**

- *Dirección Editorial*
Patricia Rosenzweig
- *Coordinación editorial*
Víctor García
- *Producción editorial*
Yelliza García A.

- **Los trabajos publicados**
por la Universidad de Los Andes han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas. Programa de Publicaciones del CDCHT. Código pl-c-01-07-03.

Colección**Ediciones especiales**

Publicaciones
Vicerrectorado
Académico

Los cereales en el trópico suramericano.**Técnicas modernas de conservación**

Primera edición, 2009

© Universidad de Los Andes
Vicerrectorado Académico
CODEPRE/ CDCHT, en coedición
con la Fundación Polar
© Miguel Enrique Alonso Amelot
Jorge Luis Ávila Núñez
María Pía Calcagno Pissarelli

- *Corrección de texto*
Freddy Parra Jahn
- *Diseño de portada*
Carolina Matos
- *Concepto y diseño gráfico*
Kataliñ Alava
- *Diseño y realización de gráficos*
Lila Centeno
- *Ilustraciones en portada*
Patricia López-Calcagno
- *Impresión*
Litografía ImagenColor S.A.

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY
Depósito Legal: LF23720095202893
ISBN: 978-980-11-1261-7

Prohibida la reproducción
total o parcial de esta obra
sin la autorización escrita
del autor y el editor

Dirección

Universidad de Los Andes. Av. 3 Independencia.
Edificio Central del Rectorado. Mérida, Venezuela
<http://viceacademico.ula.ve/publicacionesva>
publicacionesva@ula.ve

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Autoridades Universitarias

- *Rector*
Mario Bonucci Rossini
- *Vicerrectora Académica*
Patricia Rosenzweig
- *Vicerrector Administrativo*
Manuel Aranguren Rincón
- *Secretario*
José María Andrés

PUBLICACIONES
VICERRECTORADO
ACADÉMICO

- *Dirección editorial*
Patricia Rosenzweig
- *Coordinación editorial*
Víctor García
- *Coordinación del Consejo editorial*
Roberto Donoso
- *Consejo editorial*
Rosa Amelia Asuaje
Pedro Rivas
Rosalba Linares
Carlos Baptista
Tomasz Suárez Litvin
Ricardo Rafael Contreras
- *Producción editorial*
Yelliza García A.
- *Producción libro electrónico*
Miguel Rodríguez

Primera edición digital 2011

Hecho el depósito de ley

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia
Edificio Central del Rectorado
Mérida, Venezuela
publicacionesva@ula.ve
publicacionesva@gmail.com
www2.ula.ve/publicacionesacademico

Los trabajos publicados en esta Colección han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas

Los cereales

en el trópico suramericano

Técnicas modernas de conservación

Miguel Enrique Alonso Amelot

Jorge Luis Ávila Núñez

María Pía Calcagno Pissarelli

FUNDACIÓN POLAR

- *Presidenta*

Leonor Giménez de Mendoza

- *Vicepresidenta*

Morella Pacheco Ramella

- *Directores*

Alfredo Guinand Baldó

Leopoldo Márquez Áñez

Vicente Pérez Dávila

Asdrúbal Baptista

Rafael Antonio Sucre Matos

José Antonio Silva Pulido

Manuel Felipe Larrazábal Aguerrevere

Alejandro Yanes Puigbó

Leonor Mendoza de Gómez

- *Gerentes*

- *Gerente General*

Alicia Pimentel

- *Gerente de Desarrollo Comunitario*

Daniela Egui

- *Gerente de Administración y Servicios Compartidos*

Rubén Montero

- *Gerente de Investigación y Desarrollo*

Alejandro Reyes

- *Coordinadores de Área*

- *Desarrollo Comunitario Oriente*

María Bellorín

- *Ediciones*

Gisela Goyo

- *Voluntariado Corporativo*

Gerardo García

- *Desarrollo Comunitario Centro Occidente*

Elizabeth Monascal

- *Educación para el Trabajo y Formación Docente*

Isabel Mosqueda

- *Educación Básica*

Renato Valdivieso

- *Donaciones y Salud*

Miranda Zanón

- *Centros Especializados*

- **Casa Alejo Zuloaga**

- *Director*

Rafael Castro

- **Casa de Estudio de la Historia de Venezuela**

- **Lorenzo A. Mendoza Quintero**

- *Directoras*

Elisa Mendoza de Pérez

Leonor Mendoza de Gómez

- *Coordinador de Promoción Cultural y Documentación*

Gustavo Vaamonde

- *Coordinadora de Relaciones Públicas*

Susana Sará

- *Coordinador*

Rogelio Quijada

- *Dirección*

2da. Av. Los Cortijos de Lourdes. Edificio Fundación Empresas Polar. Caracas.

www.fundacionempresaspolar.org

Agradecimiento	013
Prefacio	015

CAPÍTULO	1	LOS CEREALES ¿QUÉ TANTO IMPORTAN?	019
	1.1	Introducción	019
	1.2	Los cereales, alimento fundamental	020
	1.3	Los cereales en el mundo, ¿alcanzan para todos?	022
	1.4	Algo de historia: las calorías de antes y de ahora	027
	1.5	Los cereales en América del Sur, una tierra desigual	031
CAPÍTULO	2	CONOCIENDO LOS CEREALES MÁS IMPORTANTES	035
	2.1	Introducción	035
	2.2	Trigo (<i>Triticum</i> spp.)	036
	2.2.1	¿Cuánto nutre el trigo?	040
	2.2.2	¿Cuánto trigo se produce en el mundo y dónde?	042
	2.3	Maíz (<i>Zea mays</i>)	048
	2.3.1	¿Cuántos tipos de maíz hay?	050
	2.3.2	¿De dónde viene el maíz? Un poco de historia	050
	2.3.3	Los colores del maíz	052
	2.3.4	¿Cuánto nutre el maíz?	053
	2.3.5	Los productos del maíz	056
	2.3.6	¿Cuánto maíz se produce en el mundo y dónde?	061
	2.3.7	La producción y los rendimientos en el tiempo	063
	2.4	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	068
	2.4.1	Algo de historia	070
	2.4.2	¿Cómo es el arroz y qué se hace con él?	072
	2.4.3	¿Cuánto, dónde y quién lo produce?	077
	2.4.4	¿Dónde se come más arroz?	083
	2.4.5	Otros cereales	086

CAPÍTULO		PÁG
3	LOS CEREALES EN COLOMBIA Y VENEZUELA	087
3.1	Introducción	087
3.2	Semejanzas y diferencias entre Colombia y Venezuela a grandes rasgos	088
3.3	¿En qué nos parecemos?	092
3.4	Patrones del consumo de alimentos en Colombia y Venezuela	095
3.5	La oferta alimentaria en Colombia y Venezuela, entre 1970 y 2003	100
3.5.1	Colombia. Calorías, proteínas y grasas	100
3.5.1.1	Los cereales colombianos frente a los demás alimentos	103
3.5.1.2	Los cereales más contribuyentes en Colombia	104
3.5.1.3	Los consumos indirectos en Colombia	106
3.5.1.4	La producción de cereales en Colombia frente a las necesidades de alimentación	107
3.5.2	Venezuela. Calorías, proteínas y grasas	118
3.5.2.1	Los cereales venezolanos frente a los demás alimentos	121
3.5.2.2	Los cereales más contribuyentes en Venezuela	124
3.5.2.3	Los consumos indirectos en Venezuela	127
3.5.2.4	La producción de cereales en Venezuela frente a las necesidades de alimentación	128
3.6	Resumiendo la situación de importaciones de cereales	138
	Referencias y lecturas complementarias de los capítulos 1 al 3	146
4	LOS PROBLEMAS DEL ALMACENADOR	149
4.1	Introducción	149
4.2	Enfrentando las pérdidas	151
4.2.1	Los causales variopintos de las pérdidas de cereales	151
4.2.2	Un pico de energía	152
4.2.3	Pérdidas: la magnitud del problema	154

4.3	Los causantes	159
4.3.1	Los mohos	160
4.3.2	Insectos: una visión general	161
4.3.3	Insectos y mohos suman fuerzas	164
4.4	Primeras recomendaciones	165
4.5	Apéndice: métodos prácticos para la estimación de pérdidas por el ensilador	167
4.5.1	La muestra representativa en un cargamento real	169
4.5.2	Desecado de las muestras para determinación de contenido de humedad	169
4.5.3	Descripción de métodos para estimar la pérdida	171
4.5.3.1	Método estándar peso/volumen	171
4.5.3.2	Método de contar y pesar	173
4.5.3.3	Método del porcentaje convertido del daño	175
4.5.3.4	Método de la masa de mil granos	177
	Referencias y lecturas complementarias	180

CAPÍTULO	5	LOS INSECTOS DE GRANOS ALMACENADOS	183
5.1	Introducción		183
5.2	Factores ambientales favorables para el crecimiento de organismos en el silo de cereales		183
5.2.1	El enfoque ecológico en un cilindro metálico. Temperatura y humedad		184
5.2.2	El microclima: cuestión de equilibrios		185
5.2.3	Humedad y comportamiento		186
5.2.4	¿Existe la perfección? Las migraciones inevitables		187
5.2.5	Otros factores del ambiente interno: los gases		188
5.2.6	Respiración y modificación de la atmósfera en el silo hermético		188
5.2.7	Otros componentes abióticos del sistema: la materia extraña		189

5.3	Descripción de las especies de insectos más importantes en los cereales almacenados del trópico	190
5.3.1	Animales pequeños, hábiles y dañinos	190
5.3.2	¿Cómo se clasifican?	191
5.3.3	Los grandes grupos de invasores	194
5.3.3.1	Orden Coleoptera	196
5.3.3.2	Orden Lepidoptera	211
5.3.3.3	Otras especies de insectos plaga de los cereales almacenados	216
	Galería de insectos	218
	Referencias y lecturas complementarias	222

CAPÍTULO	6 LAS MICOTOXINAS EN LOS CEREALES	225
6.1	Introducción	225
6.2	Algo de historia	225
6.3	Las micotoxinas más importantes de los cereales	227
6.3.1	Aflatoxinas	228
6.3.2	Tricotecenos: toxina T2 y desoxinivalenol (DON)	234
6.3.3	Fumonisinias	236
6.3.4	Zearalenona	238
6.3.5	Ocratoxinas	240
6.4	Métodos de control y descontaminación de micotoxinas	242
6.4.1	Métodos biológicos	242
6.4.2	Métodos físicos	243
6.4.3	Métodos químicos	245
6.5	Apéndice: análisis de aflatoxinas y otras micotoxinas	247
6.5.1	Obtención y preparación de las muestras	248
6.5.2	Identificación por TLC	249
6.5.3	Identificación por HPLC	250
6.5.4	Métodos de inmunoensayo	250
6.5.5	Otras micotoxinas	250
	Referencias y lecturas complementarias	252

CAPÍTULO			PÁG
7		MÉTODOS MODERNOS DE CONTROL FÍSICO Y QUÍMICO	255
7.1		Introducción	255
7.2		Los métodos de orden físico	256
	7.2.1	Cedazos	260
	7.2.2	Rompimiento y flotación	260
	7.2.3	Embudos de Berlese	261
	7.2.4	Medición de CO ₂	261
	7.2.5	Métodos espectroscópicos	262
	7.2.6	Pretratamiento del cereal al ser recibido	263
	7.2.7	Protección por impacto	267
7.3		Los tratamientos químicos	268
	7.3.1	Técnicas de dosificación de insecticidas	268
	7.3.2	La variedad de tratamientos químicos: polvos inertes, insecticidas sintéticos y de origen natural	272
		Referencias y lecturas complementarias	330
8		EL CONTROL BIOLÓGICO DE LOS INSECTOS DE CEREALES	337
8.1		Introducción	337
8.2		Las estrategias de control biológico	338
	8.2.1	Inserción de insectos manipulados genéticamente	338
	8.2.2	Inserción de depredadores y parasitoides	339
	8.2.3	Inserción de patógenos	342
	8.2.4	Trasladando la resistencia a las semillas de cereales	343
	8.2.5	Dosificación de agentes biológicos en silos y recipientes herméticos	343
8.3		Desventajas de los métodos biológicos	344
		Referencias y lecturas complementarias	345

CAPÍTULO		PÁG
9	FEROMONAS EN EL CONTROL DE INSECTOS DE ALIMENTOS ALMACENADOS	347
9.1	Introducción	347
9.2	Integración de métodos de control	348
9.2.1	Programa Integrado para la Detección y Control de Plagas (PIDCP) y Feromonas	349
9.3	¿Qué son las feromonas?	350
9.4	Las feromonas en el control de insectos de alimentos almacenados.	352
9.4.1	¿Qué hacer cuando hay varias especies de plagas?	353
9.5	Compuestos volátiles de los alimentos como atrayentes	353
9.6	Las trampas	355
9.6.1	Trampas adhesivas	358
9.6.2	Trampas acanaladas o de cartón corrugado	359
9.6.3	Trampas tipo cubo y de embudo	360
9.6.4	Trampas para silos	360
9.6.5	Trampas tipo sonda con contador electrónico de insectos (EGPIC)	362
9.7	Aplicación de feromonas para el control de plagas de alimentos almacenados	364
9.7.1	Detección de poblaciones: coleópteros y lepidópteros	365
9.7.2	Trampeo masivo	370
9.7.3	Confusión	371
9.7.4	Atracción-aniquilación	373
9.8	Aplicación actual en el mercado mundial	374
9.9	Recomendaciones	377
	Referencias y lecturas complementarias	386

CAPÍTULO	10	RESISTENCIA A LOS INSECTICIDAS EN LOS GRANOS ALMACENADOS	391
10.1		Introducción	391
10.2		Los comienzos de la resistencia	392
10.3		Los mecanismos de resistencia a los insecticidas	394
	10.3.1	Resistencia por comportamiento	394
	10.3.2	Resistencia fisiológica	395
	10.3.3	Resistencia metabólica	395
10.4		Condiciones que promueven el desarrollo de resistencia a los insecticidas	396
	10.4.1	Condiciones biológicas	397
	10.4.2	Factores operacionales	397
10.5		Vigilancia de la resistencia a los insecticidas	398
	10.5.1	Detección de posibles casos de resistencia	398
	10.5.2	Selección del tipo apropiado de bioensayo	399
	10.5.3	Tipos de bioensayos	400
	10.5.3.1	Bioensayo de aplicación tópica	400
	10.5.3.2	Bioensayo con superficies tratadas con el insecticida	401
	10.5.4	Cría de las cepas de insectos de referencia	402
	10.5.4.1	Colonización de insectos de granos almacenados	402
		Referencias y lecturas complementarias	409
		Epílogo	410
		Índice de palabras	412
		Índice de especies	432
		Índice de compuestos	437
		Índice de figuras	442
		Índice de tablas	446

PREFACIO

Son muy pocas las personas que no han consumido a lo largo de su vida, algún cereal. Tal vez en la selva profunda, donde no se dan. A pesar de esto, el común de la gente no tiene una idea medianamente precisa de la importancia que revisten los cereales para su propia supervivencia, o para lo que debe ponerle sobre la mesa a su familia diariamente. Muy pocos saben que cada venezolano consume unos 40 kg de derivados de trigo cada año, unos 45 kg de maíz, y que los colombianos consumen casi 30 kg de arroz en el mismo tiempo. También ignoran que el grueso de la población del trópico americano obtiene de los cereales casi tanta proteína como la que ingiere de los diversos tipos de carne que consume. Son conceptos básicos que aquí nos ocuparemos de detallar.

Si esto es así conforme a la realidad que nos plantea nuestra dieta diaria, tan presente por lo demás, mucho mayor es la ignorancia que se tiene de lo que cuesta producir, transportar, almacenar, proteger, procesar, empaquetar y comercializar los 115 kg anuales de cereales que, en promedio, se lleva a la boca cada persona que vive en el norte de Sur América, sin hablar de otros pueblos fuera del trópico que consumen todavía más. Multiplíquese por los millones de personas que componemos la población de nuestros países y terminaremos con cifras que rondan los varios millones de toneladas métricas de semillas que deben convertirse, desde las plantaciones, en el alimento que no puede faltar a la hora de desayunar, almorzar o cenar. La seguridad alimentaria de nuestros pueblos depende pues, en gran medida, de nuestra capacidad para manejar los cereales.

Pero a la vez, los cereales, tan nutritivos en carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y fibras, son, por las mismas razones, alimento estupendo para numerosos insectos, ratas, ratones, pájaros y microorganismos, y están sujetos a infestación por varias especies de mohos que atacarán los granos, desde la plantación hasta lo que guardamos en la alacena hogareña, para destruirlos o hacerlos incomibles. Se requiere de avanzadas tecnologías para que esto no suceda o para que su impacto sea el mínimo posible. La industria que maneja estos alimentos debe saber cómo hacerlo bien de acuerdo a las técnicas más modernas sin abusar de insecticidas o fungicidas que podrían llegar a nuestro estómago, y a un costo razonable que no castigue la economía familiar desmedidamente.

Este libro pretende exponer estas verdades: cuántos cereales producimos, qué tanto importamos, cuánto necesitamos para satisfacer nuestra dieta, qué tan dependientes somos del comercio internacional y qué métodos industriales existen en la actualidad para proteger las cosechas almacenadas, para que la compleja industria cerealera pueda sostener nuestro apetito; para ello, emplearemos los modelos colombiano y venezolano, al ser estos dos países representativos del trópico, hermanados por la historia pero con realidades socioeconómicas dispares.

¿Para cuál tipo de lector es este libro?

Esta edición está destinada a cinco clases de usuarios:

- Los lectores no especializados pero curiosos de la situación agroalimentaria que quieran tener una visión más detallada de la producción y conservación de nuestros principales alimentos calóricos, pero que, bien por simple curiosidad enciclopédica, o porque se encuentren envueltos en la planificación de la producción de estos rubros, necesiten de información técnica que les permita comunicarse con el personal de planta en un idioma común.
- Los consumidores de alimentos industriales o grupos de acción de éstos que deseen conocer cómo se tratan los alimentos que ellos y sus comunidades se llevan a la boca, para defender mejor sus intereses y derechos de acceso a alimentos sanos elaborados a base de cereales.
- Los especialistas en la conservación industrial de cereales y personal a cargo de alguno de los pasos de producción, importación, almacenamiento y distribución de cereales que deseen actualizar sus conocimientos en su área de trabajo.
- Los lectores del común interesados en entender mejor el origen de nuestros alimentos.
- También podrán aprovechar su lectura profesores de distintos niveles de educación a fin de generar conciencia entre estudiantes y colegas sobre la importancia, que podríamos calificar de suprema, que tiene producir y conservar los cereales adecuadamente, así como escogerlos sensatamente a la hora de prepararse los alimentos.

Hemos escogido como escenario a Colombia y Venezuela, pues, por una parte, reúnen al 2007 unos setenta millones de habitantes, todos consumidores de cereales en gran volumen, representando de esta manera la mayor población tropical del hemisferio. Ambos países son productores de grandes volúmenes de cereales desde hace muchos años, habiendo acumulado una extensa experiencia en su manejo en el campo agroindustrial, aunque todavía dependen fuertemente de la importación neta de sus necesidades cerealeras. Además, si bien comparten lazos históricos comunes, también tienen diferencias importantes en lo económico, lo social y lo geográfico que permiten comparaciones interesantes en la manera como cada país enfoca el enorme problema de satisfacer las necesidades alimentarias de su población, acudiendo a su propia capacidad de producir esos alimentos y a los mecanismos de importación de rubros insuficientes.

Está por demás claro que Colombia y Venezuela como tantos otros países del trópico, enfrentan serios problemas de preservación de los cereales que forzosamente han de conservar en buenas condiciones de uso, aunque sea por períodos de pocos meses, en grandes silos o almacenes. Esto obedece al hecho de ubicarse en un ambiente más que propicio para el desarrollo de enfermedades fúngicas e infestación por insectos y roedores que el cálido entorno favorece, carente al mismo tiempo de las purificadoras heladas del período invernal, propio de los países de cuatro estaciones. Es por ello que las experiencias de aquellos países no son trasladables al trópico directamente y necesitan desarrollarse estudios en nuestro propio ambiente.

¿Qué va a encontrar el lector aquí?

Para lograr satisfacer la curiosidad de nuestros cinco tipos de lector, en una primera parte se revisan los tres cereales de mayor importancia para nuestra dieta: trigo, maíz y arroz, y cómo inciden en nuestra alimentación como habitantes del trópico, qué importancia alcanzan a tener frente a otros renglones básicos de nuestra dieta, qué comemos más y por qué.

También se enfocan algunos problemas graves que inciden negativamente en la producción, almacenamiento y distribución de los cereales en países como Colombia y Venezuela, y qué debería hacerse para comenzar a resolverlos. Porque los problemas de producción no son solamente técnicos sino fundamentalmente económicos y sociales.

Revisaremos luego los varios métodos industriales que se emplean en la actualidad para preservar en buen estado los cereales cosechados y almacenados en gran volumen, haciendo especial énfasis en aquellas técnicas más utilizadas, desde la higiene general de los almacenes y los métodos de control físico hasta cómo son los tratamientos con plaguicidas químicos de última generación. Se describen también otros métodos alternativos de importancia industrial, como son el uso de otros insecticidas llamados bio-rationales de origen vegetal o derivados de microorganismos, las sustancias atrayentes denominadas feromonas específicas y, por supuesto, formas de control biológico, sus promesas y sus limitaciones. Aprenderemos a reconocer los insectos que suelen infestar los granos almacenados en el trópico y cómo construir un pequeño laboratorio entomológico donde ensayar la susceptibilidad de los insectos capturados del silo a los tratamientos que vayan a aplicarse.

Al finalizar esta lectura estamos seguros de que, lego o conocedor, simple curioso o ilustrado especialista, sentirá mucho más respeto por el pan, la tortilla de maíz, la arepa, la oblea o el plato de arroz que, a la hora de tener hambre, decida prepararse, y estará mucho más consciente de la fragilidad del sistema alimentario mundial del que tanto dependemos para vivir. Sin esto, pronto conoceremos una crisis alimentaria de dimensiones que no nos atrevemos a aventurar.

Mérida, octubre de 2008