



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

“EVALUACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE
QUITOSÁN APLICADO EN SEMILLAS DE
MAÍZ”.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

JENNIFER NICASIO HERNÁNDEZ

ASESORAS: Dra. Susana Patricia Miranda Castro.

M. en C. Eva Guadalupe Lizárraga Paulín.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.

ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**

**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**



**ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán**

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: **TESIS**

Evaluación de recubrimiento de quitosán aplicado en semillas de maíz

Que presenta el pasante: **Jennifer Nicasio Hernández**
Con número de cuenta: **30233039-7** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Octubre de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. José Francisco Montiel Sosa	
VOCAL	Dra. Susana Patricia Miranda Castro	
SECRETARIO	IBQ. Saturnino Maya Ramírez	
1er SUPLENTE	IA. María Guadalupe López Franco	
2do SUPLENTE	IA. Miriam Álvarez Velasco	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).
HHA/pm

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a la vida por todo lo que me ha dado.

A mis papas Fermín Nicasio y a Matilde Hernández por todo el apoyo, fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mis queridas hermanas por su comprensión, apoyo y amistad.

A Luis por todo su apoyo incondicional y amor desde el día en que entraste a mi vida.

A la Doctora Patricia Miranda por su apoyo, paciencia, comprensión, confianza, asesoramiento, conocimiento, experiencia y amistad.

A Eva Lizárraga por su apoyo, presión y amistad.

A todos los profesores que me impartieron materias y aportaron sus conocimientos así como sus experiencias.

Se agradece al apoyo económico al proyecto PE203211 Innovación y fortalecimiento de la enseñanza teórico practico de la Biotecnología para las asignaturas terminales de las Ciencias Biológicas.

INDICE GENERAL

1. Justificación	10
2. Antecedentes	11
2.1 Importancia del maíz	11
2.2 La gran diversidad del maíz.....	12
2.3 Usos del Maíz en México	13
2.4 El Valor nutricional del maíz	15
2.5 Producción de maíz.....	17
2.5.1 Principales Regiones Productoras	18
2.6 Importación y Exportación.....	19
2.7 Crecimiento de la planta de maíz y su Estructura	20
2.8 Composición Química del Maíz.....	20
2.9 Cosecha y Poscosecha.....	21
2.10 Almacenamiento.....	22
2.11 Pruebas de Calidad en la Semilla	22
3.- Qitosán	25
3.1 Generalidades.....	25
3.2 Caracterización de Qitosán	26
3.3 Aplicaciones.....	28
3.4 Características de Recubrimientos en alimentos	29
3.4.1 Definición de recubrimiento.....	29
3.4.2 Películas Biodegradables.....	29

3.4.3. Películas a base de Polisacáridos	29
3.4.4. Películas a base de Lípidos	30
3.5 Recubrimiento a base de quitosán	31
4. Objetivos	32
5. Metodología	33
5.1 Cuadro Metodológico	33
5.2 Descripción de Actividades	34
6. Resultados	44
7. Análisis de Resultados	49
7. Conclusiones	50
8. Referencias	51
9. Anexos	55

INDICE DE TABLAS

1.- Demanda del grano de maíz en México.....	15
2.- Comparación de la producción mexicana de maíz con otros cereales	17
3.- Producción de maíz por cada región, en tonelada	18
4.- Composición química proximal de las partes principales de los granos.....	21
5.- Campos de Aplicación de Quitosán y Usos	28
6.- Especificación de Estados de Procedencia y su tipo de maíz utilizado.....	37
7.- Especificación de tratamientos.....	38

INDICE DE FIGURAS

1.- Contenido nutrimental de maíz.....	17
2.- Estructura del grano de maíz.....	20
3.- Estructura de la quitina.....	25
4.- Estructura de la quitosán.....	26

INDICE DE IMÁGENES

1.- Acomodo de los maíces	39
2- Humectación de maíces.....	40
3.- Elaboración de rollos.....	40
4.- Acomodo de los rollos	40
5.- Cuantificación de Hongos	41
6.- Cuantificación de Hongos	41
7.- Acomodo y pegado de los maíces	42

INDICE DE GRAFICAS

1.-Resultados de Humedad obtenida en maíces recubiertos de quitosán con ácido oleico.....	56
2.-Resultados de Humedad obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.....	56
3.- Resultados de Humedad obtenidos de los maices sin recubrimiento.....	56
4.- Resultados de Humedad obtenidos de los maices recubiertos solo con quitosán.....	56
5.- Promedio de resultados obtenidos de Humedad de cada una de las muestras de maíces de diferente variedad y estados de la Republica con sus tratamientos.....	45
6.- Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.....	61
7.- Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.....	61
8.- Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos solo con quitosán.....	61

9.- Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.....	61
10.- Promedio de germinación de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.....	46
11.- Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con acido oleico.....	65
12.- Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con acido lecitina.....	65
13.- Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices sin recubrimiento de quitosán.....	65
14.- Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con acido oleico.....	65
15.- Porcentaje promedio de aparición de Hongos de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.....	47
16.- Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos de quitosán con acido oleico.....	70
17.- Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos de quitosán con acido oleico.....	70
18.- Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices sin recubrimiento.....	70
19.- Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos solo con quitosán.....	70
20.- Promedio de Vigor y/o Longevidad de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.....	48

1.- Justificación

El maíz es el alimento básico para la población mexicana, por ende, un cultivo de gran relevancia y uno de los cuatro cereales más importantes en el mundo. México, centro de origen del maíz, se caracteriza por presentar una amplia diversidad de genotipos cultivados bajo distintas condiciones ambientales ^[1].

La importancia de este cereal también radica en la gran cantidad de empleos directos e indirectos que genera en toda su cadena de producción, procesamiento industrial y su comercialización desde la siembra hasta que es consumido por las personas ^[2].

A pesar de la importancia del maíz, la situación económica y social del campo en México ha traído muchos problemas para la producción de éste cereal, ofreciendo un panorama desolador frente el crecimiento poblacional, la dependencia alimentaria de Estados Unidos de América, las necesidades globales del alimento, mas el cambio climático debido al deterioro ambiental y sus efectos en las sequías e inundaciones, sumándole la falta de conciencia del gobierno federal para el apoyo a la investigación agrícola y la mayor presión en la competitividad internacional causada por la globalización, creando un panorama de incertidumbre en este ámbito^[3].

Uno de los problemas más importantes al que se enfrenta la semilla de maíz es a la presencia de hongos patógenos, los cuales se alojan en las semillas causando diferentes daños; si el mal es severo, puede ocasionar la muerte del embrión. En casos leves, las semillas pierden su poder germinativo o puede verse afectado su vigor ^[4]. Dichos hongos son los que más perjuicios causan a la agricultura, ya que con frecuencia reducen la cantidad y calidad de las cosechas, lo que implica grandes pérdidas económicas ^[5].

En la Cátedra de Biotecnología se ha empleado el quitosán como inhibidor de crecimiento de hongos (de almacén y campo) en frijol y maíz a nivel in vitro ^[6], obteniendo resultados óptimos.

El quitosán se obtiene a partir de la quitina. La quitina, después de la celulosa, es el segundo polímero más abundante en el planeta, por lo que su utilización a gran escala en México es muy prometedora, como lo ha sido en Japón, en donde alrededor de 250 empresas explotan la quitina ^[7].

Debido a que el quitosán es una molécula hidrofílica, éste debe tratarse con algunos aditivos para propiciar cierta hidrofobicidad y mejorar sus propiedades mecánicas ^[8]. Por tanto, a la solución de quitosán se le agregó ácido oleico y lecitina de soya respectivamente para formar una emulsión y hacer a la película de quitosán más hidrofóbica.

En esta tesis se evaluó la calidad de los maíces de diferentes partes de la República Mexicana con un recubrimiento de solución de quitosán para ver si éste permite proteger a la semilla destinada a cosecha o almacenamiento; disminuyendo su cantidad de humedad y aumentando su calidad.

Para considerar que las semillas son de buena calidad, es necesario que la semilla tenga la capacidad para germinar y producir una plántula normal; por tanto resultó indispensable para esta tesis considerar aspectos importantes relacionados con la calidad de semillas de maíz; entre los que destaca la germinación, longevidad, vigor y el contenido de humedad de las semillas en el caso de almacenamiento ^[9].

2.- Antecedentes

2.1.- IMPORTANCIA DEL MAÍZ.

México es centro de origen y diversidad de decenas de especies de plantas cultivadas, entre las que destaca el maíz, del cual existen unas 60 razas, cada una con diversas variedades domesticadas y silvestres. Este cereal constituye el alimento básico de Mesoamérica; además, es uno de los pilares de la cultura de nuestro país ^[10].

El maíz significa un principio vital y un elemento fundamental de la cosmovisión de los pueblos indígenas. Para los mexicanos, el maíz sigue siendo un dador de vida y un elemento fundamental de identidad ^[11].

El maíz como lo conocemos hoy, es una planta que domesticaron los antiguos habitantes de Mesoamérica a partir de especies silvestres, específicamente del Teocintle, una pequeña mazorca con pocos granos, del que fueron generando mazorcas más complejas. Esto significa

que nuestros antepasados lo fueron seleccionando de manera intencional a través de un tiempo prolongado, hace “por lo menos 5,000 o 7,000 años y en varios lugares a la vez” ^[12], para obtener las características que deseaban. Se crearon así razas y especies que podían adaptarse a los más diversos climas y altitudes, como resultado del ingenio y la creatividad humana.

El maíz, es, sin discusión, una de las más valiosas aportaciones de las culturas mesoamericanas a la humanidad.

2.2 LA GRAN DIVERSIDAD DEL MAÍZ.

Actualmente, gracias a su gran diversidad y adaptabilidad, el maíz prospera en altitudes que van del nivel del mar como en las playas de Oaxaca, hasta 2,900 metros en las faldas del volcán de Toluca e igual en zonas de selva semiáridas, en una gran diversidad de condiciones climáticas, de calidad de tierra, agua y por lo tanto, a plagas y enfermedades y con ciclos de cultivo que varían de 3 a 13 meses ^[12]. Se tienen variedades enanas (entre-nudos cortos) de 0.70 m, hasta variedades de 5 m de altura de la planta. Existen variedades con mazorcas minúsculas (como los palomeros o el arrocillo amarillo), hasta variedades con mazorcas gigantes de 50 o 70 cm, como el criollo de Jala, Nayarit; se tienen también variedades de mazorcas, desde 8 hileras de granos hasta 20 ^[13].

De acuerdo al color que presentan los granos, se pueden distinguir en las siguientes variedades: Grano Amarillo, Grano blanco, Grano Rojo y Granos de otros colores (como pueden ser Perla de las Canarias, Gigante de la China, etc.). Y en lo que se refiere a las variedades que en la actualidad siembran los productores, se pueden distinguir siete clases: Variedades criollas, mejoradas, sintéticas, híbridas, generaciones avanzadas de híbridos, criollos hibridados e híbridos naturales ^[33].

Debido al descubrimiento y conocimiento del código genético, ha sido posible producir maíces transgénicos mediante ingeniería genética, híbridos del maíz que desarrolla su propio insecticida para matar algunos de los más dañinos gusanos barrenadores o lograr resistencia al virus del mosaico de la coliflor. Estos maíces han sido motivo de mucha polémica, porque se desconocen las consecuencias a largo plazo de sus cambios o la contaminación que pueden provocar en los maíces nativos; sin embargo su producción y uso van en aumento ^[14].

2.3 USOS DEL MAÍZ EN MÉXICO

Las razas de maíz en México y Sudamérica tienen una amplia variación en usos, mientras que las de Centroamérica y el Caribe son apropiadas solamente para tortillas y botanas ^[25].

El grano de maíz en México tiene usos múltiples:

- Grano tierno. Se consume en México como elote, esquites y los exquisitos tamales de elote. El maíz para elote en México ocupa dentro de las hortalizas el 6° sitio por superficie, con 36,818 ha, detrás del tomate rojo, chile verde, papa, tomate verde y cebolla. También el elote ocupa dentro de las hortalizas el 8° sitio por producción y consumo per cápita después de tomate rojo, papa, chile verde, cebolla, tomate verde, nopalito y pepino ^[13].
- Grano seco. El grano de maíz maduro tiene múltiples usos; dentro de los tradicionales, está, además de la tortilla, el pinole y la fabricación de mazapanes (adicionándole cacahuete), obtenidos con granos molidos; para nixtamal y masa, el grano de maíz se pone a cocer con agua y cal (para disminuir la cantidad de toxinas producidas por los hongos del maíz), y después de varias horas se obtiene el nixtamal, el cual al ser molido produce la masa que es utilizada principalmente para elaborar tortillas y, en menor medida, otros alimentos (cada uno con decenas o cientos de tipos), como los siguientes: atoles (de dulce y de chile), tamales (de dulce y chile), pozoles y menudos, sopes, quesadillas, tlacoyos, etc. ^[13].
- Grano fermentado. Desde antes de la llegada de los españoles a América se fabricaba la cerveza de maíz en Perú, denominada “Chicha”, y en México (sobre todo el occidente) se elabora el tesgüino (bebida semejante a la cerveza) y se puede obtener también whisky ^[13].

Por otra parte la planta de maíz en México también tiene usos múltiples:

La raíz y los tallos constituyen para los campesinos de algunas regiones la principal fuente de combustible para cocinar y calentar sus viviendas, los tallos pueden ser utilizados para construir corrales y jaulas para aves en el solar de las viviendas campesinas; en algunas regiones, después de que la mazorca ha sido polinizada, los campesinos despuntan la planta de maíz,

quebrándola en el estruendo superior a la mazorca, para aprovechar como el forraje esta fracción de la planta (parte del tallo, hojas e inflorescencia masculina) ^[13].

Las brácteas que envuelven las mazorcas tradicionalmente se han usado para envolver los tamales y en el área artesanal para elaborar muñecas, muñecos y flores. El olote, la parte de la mazorca donde están insertados los granos, es común que se use como combustible, y como tiende a producir humo al igual que la cáscara de coco, se usa también para ahuyentar por la tarde-noche a los mosquitos de las casas habitación; tradicionalmente las mazorcas se usan también con fines ornamentales, ceremoniales y religiosos, como adorno de altares de santos o de difuntos ^[13].

La planta completa de maíz, con mazorca, se utiliza para forraje, ya sea picada en verde o ensilándola para proporcionarla al ganado de rumiantes bovinos productores de leche y/o carne, de ovinos y de caprinos, principalmente en México ^[15].

En la medicina tradicional se utilizan las infusiones de “pelos” de elote para tratar el paludismo, y con las infusiones de olote se hace un té “diurético” para tratar la diarrea ^[13].

La industrialización del maíz es una de las actividades agroindustriales que genera mayor valor agregado, puesto que permite obtener gran número de productos que se consumen en forma directa o son insumos de otras industrias ya que además de los granos, las hojas, las flores y los tallos son aprovechados para la fabricación de diversos productos: almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos, entre otros ^[56]. En los últimos años ha aumentado el consumo de maíz industrializado en sus diversas formas ^[32]. En la siguiente Tabla 1 se muestran ejemplos de la demanda del grano del maíz en México.

Tabla 1: Demanda del grano de maíz en México.

USOS DE MAÍZ EN MÉXICO	CONSUMO ANUAL (Millones de Toneladas)		
	2004	2005	2006 ³
Harina	3.5	3.2	3.7
Tortilla Tradicional ¹	3.3	3.0	3.4
Consumo Humano en el Sector Rural ²	3.4	3.1	3.5
Consumo Humano	10.2	9.4	10.6
Consumo Animal	2.1	1.9	2.2
TOTAL MAÍZ BLANCO	12.3	11.3	12.8
Almidón y sus Derivados	2.6	2.4	2.7
Cereales y Botanas (Incluye fécula de maíz refinada)	0.5	0.4	0.5
Sector Pecuario Plantas Integradas	4.6	4.2	4.8
Sector Pecuario Plantas Independientes	2.6	2.4	2.7
Otros Consumos del Sector Pecuario (Importaciones de Maíz Quebrado + Sorgo equivalente en Maíz)	4.6	4.2	4.8
Suma para el Sector Pecuario	11.7	10.8	12.2
TOTAL MAÍZ AMARILLO	14.7	13.6	15.3
DEMANDA TOTAL APARENTE PARA MAÍZ AL NIVEL NACIONAL	27.0	24.9	28.2

Fuente: Situación Actual y Perspectivas del Maíz (1996-2012).

2.4 EL VALOR NUTRICIONAL DEL MAÍZ

ALMIDÓN

Como se muestra en la Figura 1, el componente principal del grano de maíz es el almidón. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructuosa, en cantidades que varían del 1 al 13 % de grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa constituye hasta el 25-30% del almidón y la amilopectina constituye unidades de glucosa en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón^[37].

PROTEÍNAS

Las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano y la calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de sus aminoácidos, entre los que destacan las albuminas, las globulinas, la prolamina o zeing y lo demás es nitrógeno residual ^[38].

ÁCIDOS GRASOS

El aceite del grano viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11 al 2 %, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor promedio de cerca del 24 % ^[39].

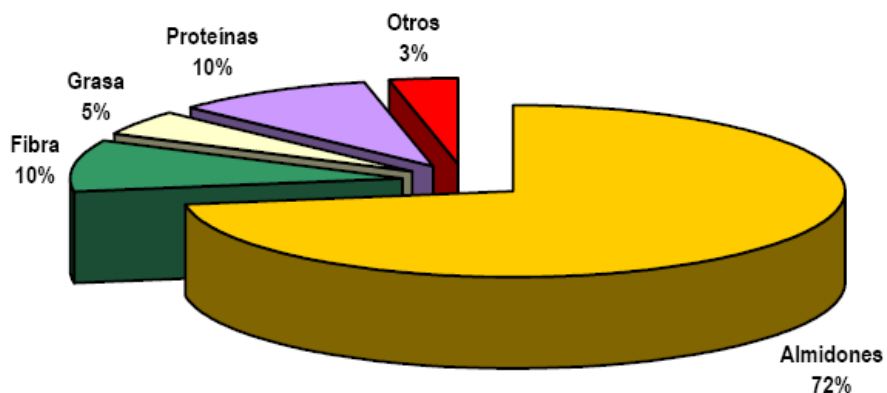
FIBRA

La fibra dietética es el componente químico que se halla en cantidades mayores que las grasas o las proteínas. El contenido total de fibra soluble es de aproximadamente 9.68 % y de fibra insoluble aproximadamente de 0.84 % ^[40].

OTRAS SUBSTANCIAS

El maíz contiene otros compuestos químicos y materiales en muy bajas concentraciones, muchas de estas sustancias son cenizas, enzimas o sus precursores vitales para el crecimiento del embrión ^[29].

Fig (1) Contenido nutrimental del maíz.



Fuente: Reyes Castañeda, Pedro “El maíz y su cultivo”.

2.5 PRODUCCIÓN DE MAÍZ

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente) ^[32], como se ejemplifica en la Tabla 2, el volumen de producción del maíz no se compara con ninguno de los demás cereales.

Tabla 2: Comparación de la Producción Mexicana de Maíz con otros cereales.

(Miles de Toneladas)						
AÑO	MAIZ	TRIGO	SORGO	CEBADA	ARROZ	AVENA
1996	18,026.00	3,375.00	6,809.50	585.8	394.1	121.5
1999	17,708.20	3,020.90	5,720.30	454.1	326.5	133.1
2003	20,703.10	2,715.80	6,759.10	1,081.60	273.3	94.1
2006	21,962.60	3,249.00	5,504.30	856.6	331.6	130.3
2010	23,301.89	3,676.70	6,940.22	672.36	216.67	111.12
2011	17,635.42	3,627.51	6,429.31	487.45	173.46	50.58

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta.
(SAGARPA-SIAP) (1996 – 2011)

El maíz presenta un amplio rango de distribución en nuestro país, pudiéndose identificar materiales adaptados a las diferentes regiones agroecológicas. Los híbridos modernos de maíz han sido desarrollados para expresar un potencial de rendimiento superior en sistemas de producción agrícola que incluyen la utilización de irrigación, fertilización y protección frente al ataque de plagas y enfermedades ^[56].

2.5.1 Principales Regiones Productoras

La producción de este grano está diseminada en todo el territorio nacional; sin embargo, las regiones Centro Occidente y Sureste del país aportaron el 57.5% de la producción total durante el periodo 1996-2006; la del Centro el 19%. Después de éstas se encuentran las regiones Noroeste y Noreste, cuya participación se cifra en 16.7 y 6.8%, respectivamente, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Producción de Maíz por cada Región, en toneladas.

REGIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^{p/}	PARTICIPACIÓN %
Centro Occidente	4,763,986	6,485,314	6,679,869	7,097,583	7,452,754	5,742,633	6,678,222	31.0
Sureste	5,735,283	5,361,317	4,680,156	5,538,327	4,814,319	4,696,833	5,352,265	26.5
Centro	3,654,229	4,462,499	3,517,510	3,751,246	3,539,941	2,830,903	3,485,664	19.0
Noroeste	2,436,434	2,765,948	3,334,494	3,004,785	4,118,454	4,341,040	4,602,732	16.7
Noreste	966,973	1,069,235	1,085,736	1,309,479	1,760,365	1,727,303	1,843,747	6.8
TOTAL	17,556,905	20,134,312	19,297,755	20,701,420	21,685,833	19,338,713	21,962,630	100

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de consulta (SIACON), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP-SAGARPA (1996-2006).

De acuerdo con la clasificación de INEGI: **Centro:** Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. **Centro**

Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí y Zacatecas.

Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Tamaulipas.

California Sur, Sonora y Sinaloa.

Noreste: Chihuahua,

Noroeste: Baja California, Baja

Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz-Llave y Yucatán.

La producción primaria se obtiene a través de un extenso universo de unidades (en su gran mayoría minifundios) dispersos a lo largo del territorio nacional, situación que de alguna manera determina que una porción significativa del producto cosechado sea retenida para autoconsumo, debido a que para el sector campesino el maíz constituye el principal componente de su seguridad alimentaria. Esto explica que una parte considerable de la producción cosechada sea retenida por el productor, (estudios dictan que representa más del 38% de la producción obtenida, debido al impacto de la crisis económica) ^[26].

2.6 IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN.

En 2006 se produjeron en México 21.9 millones de toneladas de maíz (como se muestra en la Tabla 3) de los cuales 1.8 correspondieron a maíz amarillo y 20.1 a maíz blanco. El maíz amarillo se utiliza fundamentalmente para fines industriales y el blanco para consumo humano aunque hay ocasionalmente sustitución entre ambos. México no es autosuficiente en maíz amarillo y ha tenido que importarlo desde antes de la entrada en vigor del TLCAN. Con el Tratado se negoció un cupo de importación creciente de maíz amarillo que en 1994 fue de 2.5 millones de toneladas y que en 2007 llegó a 3.7 millones, todos ellos libres de arancel ^[27].

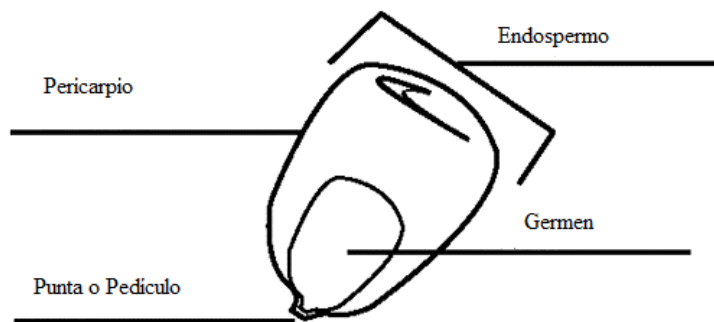
Al 24 de julio de 2009 el precio del maíz amarillo de Estados Unidos en el Golfo se ubicó en 146.9 dólares por tonelada. Dicho nivel de precios representa una disminución anual de 37.9%. De acuerdo con algunos analistas, las perspectivas de producción mundial en 2009/10 se fortalecieron por la presencia de condiciones favorables de humedad y temperatura en Estados Unidos, lo que ha elevado la expectativa de producción, incidiendo manera negativa en los precios. Mientras tanto en nuestro país, durante la cuarta semana de julio de 2009, el precio del maíz blanco en centrales de abasto se ubicó en 3,982 pesos por tonelada en promedio. Esta cotización significa un incremento de 3.0% respecto al mismo período en 2008. Así, en lo que va del año el precio del grano en México alcanza un promedio de 3,945 pesos por tonelada ^[28].

2.7 CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ Y SU ESTRUCTURA

El maíz es uno de los mecanismos más maravillosos de la naturaleza para almacenar energía: de un grano que pesa un tercio de gramo crece una planta que alcanza 2 o más metros de altura y produce cuando menos 600 a 1000 granos similares al original ^[14].

Hay cuatro partes principales del grano de maíz como se observa en la Figura 2, siendo la cubierta de la semilla (pericarpio), el germen (el embrión), la punta del grano y el endospermo. El pericarpio es una capa de fibra que protege el núcleo del grano del ataque de microorganismos e insectos antes y después de la siembra. Si la cubierta se daña, la germinación es lenta. El germen es el único que contiene una planta en miniatura con hojas preformadas, una raíz radícula y un cotiledón, rico en aceite. Alrededor del 25% del peso del germen es aceite. La punta en el extremo o pedículo donde se une el núcleo de la mazorca y es la principal entrada de agua en el núcleo. El endospermo comprende aproximadamente el 80% del núcleo y está compuesto principalmente de almidón ^[28].

Fig (2) Estructura del Grano de Maíz.



2.8 COMPOSICION QUÍMICA DEL MAIZ

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química como se puede observar en la Tabla 4. El pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, (aproximadamente el 87 %), la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0,1 %). El endospermo, en cambio,

contiene un nivel elevado de almidón (87 %), aproximadamente 8 % de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo ^[30].

Tabla 4: Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz.

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: Watson, 1987.

2.9 COSECHA Y POSCOSECHA.

El rendimiento del maíz no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, la cual llega cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 por ciento. La cosecha mecanizada se puede comenzar cuando el grano tiene aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15% arriba o abajo de estos límites, ya que los granos se aplastan, se parten o pulverizan ^[49].

La cosecha del grano de maíz implica el corte de la mazorca, la eliminación del Totomoxtle o las hojas, el desgrane de la mazorca y el secado de los granos y su almacenaje, en tanto se usan o venden. Cuando lo que se quiere aprovechar es el elote tierno, se corta y encostala, en tanto que la planta se pica para utilizarla como forraje verde o para ensilar ^[14].

La calidad de los granos está estrechamente relacionada con su capacidad para resistir el manejo al que serán sometidos después de la cosecha. Los granos húmedos y sucios son susceptibles al deterioro causado por el ataque de plagas y enfermedades causadas por bacterias, hongos, insectos, roedores, y como consecuencia, a que se produzcan grandes pérdidas en cantidad y calidad de los granos ^[36].

El manejo poscosecha de los granos consiste en la realización de prácticas de acondicionamiento del producto tales como secado (los campesinos lo hacen a la luz del sol), limpieza, selección, clasificación, almacenamiento y control de plagas, los cuales se efectúan a partir del momento de su recolección y hasta el consumo final ^[36].

2.10 ALMACENAMIENTO

Para conseguir un almacenamiento seguro es indispensable que el grano tenga un bajo contenido de humedad, es decir, que no contenga mucha agua, puesto que los granos húmedos son un excelente medio para el desarrollo de hongos patógenos, microorganismos e insectos ^[36].

El secado es una medida importante para obtener un grano de buena calidad, ofreciendo las características cualitativas adecuadas para su comercialización y uso final. Además, el maíz húmedo pesa más que el seco, de manera que el costo de transportar el exceso de agua generalmente es más alto que el costo de secarlo en las cercanías del lugar donde se cultivó ^[14].

Una vez que el contenido de humedad ha bajado a un 5% se puede empezar el proceso de almacenamiento ^[49].

2.11 PRUEBAS DE CALIDAD EN LA SEMILLA

La capacidad de los granos agrícolas para germinar y producir una plántula normal es el principal atributo a considerar para evaluar su calidad y potencial; por tanto resulta indispensable considerar aspectos importantes relacionados con su calidad, manejo y comercialización. Entre éstos está el vigor, germinación, longevidad, y el contenido de humedad de las semillas y su condición fitosanitaria ^[9].

Para los granos, la “humedad” es un factor muy importante en su conservación, ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos y tiene efectos sobre los procesos fisiológicos de las semillas, de los que dependen su pérdida de vigor y viabilidad.

Los hongos de almacén son principalmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*. La característica principal es su capacidad para crecer en productos almacenados en humedades relativas superiores a 68% y, por supuesto, con contenidos de humedad relativamente bajos. En ciertas regiones, algunas especies de estos hongos (como *Aspergillus flavus* y *Penicillium spp*)

inician su invasión antes de la cosecha. Uno de los efectos nocivos de estos hongos es la reducción del poder germinativo de las semillas. El maíz se ve afectado con especies como *Fusarium moniliforme* Sheld y *F. graminearum* Schwabe ^[9].

El “vigor” de las semillas agrícolas ha sido por mucho tiempo tema de interés entre productores y usuarios, ya que la calidad está determinada por la germinación y el establecimiento de la plántula en el campo, y estas a su vez dependen en gran medida del vigor. De aquí resulta el interés para evaluar este parámetro en el grano de maíz ^[9].

Evaluar el vigor de las semillas es de gran utilidad para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de las plántulas. Por otro lado es importante señalar que el vigor y la “longevidad” están altamente correlacionados, y mediante el análisis del vigor también obtenemos el de longevidad ^[9].

La “germinación” es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula (plantita recién nacida) ^[41].

En la germinación se consideran plántulas normales aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, en suelo de buena calidad plantas normales en condiciones favorables de agua, luz y temperatura ^[9].

El grano, al entrar en contacto con la humedad del suelo absorbe agua, comienza a hincharse y producir los cambios químicos que activan al embrión, con lo que la primera raíz se alarga y sale en 2 o 3 días. Poco después se inicia la formación de las nuevas hojas a la vez que aparecen varias raíces similares para afirmar a la planta en el suelo. Estas absorben agua y nutrientes, pero no son el sistema definitivo de raíces que aparece posteriormente, por encima de la corona ^[14].

Para que la semilla de maíz sea considerada como óptima, las plántulas normales emergidas deben tener raíz primaria vigorosa, generalmente con raíces adventicias; la plúmula debe de ser una hoja verde vigorosa, no muy dividida y que se extienda más allá de la mitad dentro del coleóptilo, el cual puede o no estar dividido ^[9].

3.- QUITOSÁN

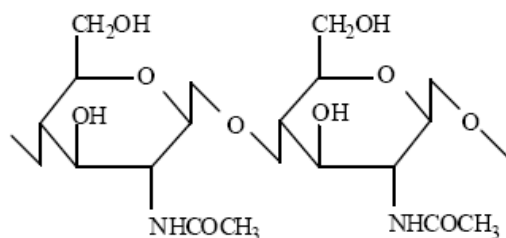
El quitosán se obtiene generalmente por desacetilación alcalina de la quitina. La industria de alimentos marinos produce grandes cantidades de este material originados de exoesqueletos de crustáceos ^[16], los cuales generalmente son desechados y convertidos en grandes cantidades de basura contaminante para el medio ambiente.

3.1 GENERALIDADES.

La quitina es un polímero, es decir, una molécula de gran tamaño constituida esencialmente por azúcares N-acetilglucosamina (monómeros polimerizados) y oxígeno. Sus moléculas son fibrosas y logran un material de gran resistencia química y mecánica. Es el segundo compuesto orgánico más abundante que existe en la naturaleza (después de la celulosa), y principal componente de las cutículas de artrópodos como los crustáceos e insectos. Los caparzones de jaibas, camarones y langostas son la primera fuente de quitina ^[6].

La estructura de la quitina es análoga a la de la celulosa (1,4-β-D-glucopirano) en la cual la glucosa es remplazada por una 2-desoxi- 2-acetamido-D-glucosa; por ejemplo, N-acetil- β-D-glucosamida, como se aprecia en la Fig 3. Como la celulosa, la quitina es un sólido blanco insoluble en agua ^[17].

Fig (3).Estructura de la quitina.

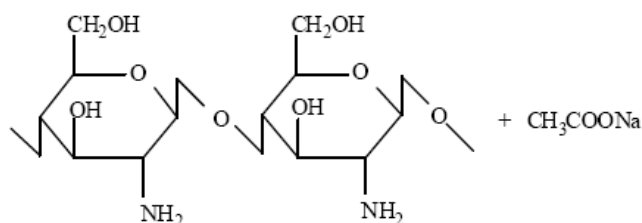


Fuente: Torres J.A., Dewitt-Mireles, C., Savant V.

La quitina es considerada como un nuevo tipo de material polimérico con grandes posibilidades de aplicación con respecto a la celulosa, ya que es un aminopolisacárido capaz de sufrir modificaciones químicas, obteniéndose un gran número de derivados que presentan diferentes propiedades físicas y químicas, con diversas aplicaciones ^[42].

El derivado de la quitina que mayor atención y usos han recibido es el quitosán, que es la forma desacetilada de la quitina. El grado de desacetilación de la quitina debe exceder el 50%, llegando a ser soluble en soluciones ácidas acuosas. Este es un copolímero que contiene uniones 2-acetamida-2desoxi-β-D-glucopiranosas, como se muestra en la Fig 4, y residuos de 2-amino-2desoxi-glucopiranosas al azar ^[18,19]. La quitina y el quitosán son producidos comercialmente en India, Japón, Polonia, Noruega y Australia. El precio del quitosán en pequeñas cantidades es de 7,5 USD por 10 g ^[50].

Fig (4) Estructura del quitosán.



Fuente: Torres J.A., Dewitt-Mireles, C., Savant V.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE QUITOSÁN

Un polímero es una molécula muy grande o macromolécula constituida por la unión repetida de muchas unidades pequeñas (monómeros) a través de enlaces covalentes. Los polímeros consisten en mezclas de moléculas de distintas longitudes de cadena ^[48].

La caracterización de los polímeros es importante para el entendimiento de las propiedades de éstos. Su comportamiento depende en particular de la manera y la proporción en que los grupos funcionales estén distribuidos y del peso molecular ^[52].

El quitosán principal derivado desacetilado de la quitina, no se presenta como una molécula única al igual que la quitina, por lo cual muestra variabilidad en el tamaño de las cadenas, lo que influye en las aplicaciones y su caracterización ^[53].

Algunas de las técnicas de caracterización de quitosán consisten en la obtención de su grado de desacetilación y su peso molecular.

A pesar de la diversidad de métodos reportados para la determinación del grado de N-acetilación del Quitosán, la potenciometría continua siendo uno de los métodos más simples, rápido y de bajo costo, requiriendo equipamiento y reactivos fácilmente disponibles en cualquier laboratorio. La potenciometría es un método útil siempre que el material a estudiar sea soluble, ya que permite determinar el contenido de grupos aminos libres y por consecuencia el grado de desacetilación ^[53]. A la fecha no se tienen establecidos los rangos altos o bajos del grado de desacetilación.

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de las soluciones poliméricas. La viscosidad depende de la estructura química del polímero, de las interacciones con el disolvente, y del peso molecular. Normalmente una molécula de alto peso molecular en un buen disolvente adquiere un gran volumen hidrodinámico y la viscosidad de la solución aumenta ^[52].

La viscosimetría de soluciones diluidas está relacionada con la medida de la habilidad intrínseca de un polímero para incrementar la viscosidad de un disolvente a una temperatura determinada y es útil para obtener información relacionada con el tamaño y las formas de las moléculas de polímero en solución y las interacciones del polímero-disolvente. La viscosidad intrínseca tiene las unidades masa/volumen y en medida del tamaño de una molécula en solución, es una medida de la habilidad de una molécula de polímero para aumentarla viscosidad de un disolvente en ausencia de interacciones intermoleculares ^[52].

El peso molecular viscosimétrico se puede calcular utilizando la ecuación de Mark-Houwink-Saturada en la cual M , es el peso molecular viscosimétrico promedio y K y a son constantes para un sistema dado polímero/disolvente/temperatura. Se puede calcular el peso molecular si se conocen los valores de K y a para un conjunto de condiciones particulares. Las constantes en la

ecuación se pueden determinar para establecer la dependencia entre la viscosidad intrínseca y el peso molecular promedio en peso (M_w) de muestras de calibración ^[54].

Otras maneras de determinar el peso molecular; son por dispersión de luz, cromatografía de exclusión molecular y osmometría de membrana ^[54].

3.3 APLICACIONES.

Actualmente la tendencia consiste en la producción de derivados de valor agregado como por ejemplo aquellos usados en la industria cosmética, farmacéutica, alimenticia y medicina Tabla 5 ^[20].

Tabla 5: Campos de Aplicación de Quitosán y Usos.

CAMPOS DE APLICACION	USOS
Tratamiento de aguas y efluentes industriales	Remoción de iones metálicos y pesticidas: remoción de fenoles, radioisótopos, PCBs y colorantes, recuperación de materiales sólidos de la industria alimenticia (proteínas, polisacáridos, etc).
Fabricación de papel	Tratamiento de superficies, papel fotográfico
Medicina	Gasas, algodón, contenedor artificial de sangre, control de colesterol, inhibidor tumoral, membranas, inhibición de placas dentarias, cicatrización de heridas, piel artificial, tratamientos de enfermedades óseas, lentes de contacto, membranas de diálisis, bolsas de sangre, anticoagulante.
Cosmética	Maquillaje, esmalte de uñas, loción de baño, cremas, dentífrico.
Biotecnología	Inmovilización de enzimas y células, separación de proteínas, cromatografía, recuperación celular.
Agricultura	Recubrimientos de semillas y frutas (film), fertilizante, fungicida, antivirósico.

Industria Alimenticia	Remoción de colorantes, conservantes, estabilizante de color, exaltador del sabor natural, preservante, antioxidante, emulsionante, aditivo de alimentos para animales.
-----------------------	---

Fuente: www.ceiso.com.

3.4 CARACTERISTICAS DE RECUBRIMIENTOS EN ALIMENTOS

3.4.1 DEFINICION DE RECUBRIMIENTO

Un recubrimiento comestible es definido generalmente como una capa de material comestible formada sobre un alimento como cubierta o puesta (preformada) sobre el componente alimenticio. Los términos recubrimiento, película, o cubierta se emplean como sinónimos ^[43].

3.4.2 PELÍCULAS BIODEGRADABLES

Las películas o recubrimientos pueden satisfacer muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos como el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, debido a esto, las películas hechas de productos naturales han incrementado su interés científico y comercial. Estos tipos de materiales no sólo son inherentes biodegradables sino que son también altamente reciclables ^[45].

3.4.3. PELÍCULAS A BASE DE POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos también pueden formar películas comestibles. Esta clase de películas comestibles incluyen las que son a base de celulosa y sus derivados, quitosán, almidones, dextrinas, alginatos, carragenina y pectina. Debido a su relativa insolubilidad en estado natural, la celulosa y la quitina son químicamente tratadas para incrementar su solubilidad en agua ^[46].

El mecanismo de formación de películas de polisacáridos es el rompimiento del polímero en segmentos y la reformación de la cadena del polímero al interior de la matriz de la película o gel. Esto se logra mediante la evaporación de un solvente, creando enlaces hidrofílicos con hidrogeno y/o electrolitos y enlaces iónicos ^[46].

Los beneficios de los recubrimientos a base de polisacáridos son: a) retención del sabor, ácidos, azúcares, textura y color, b) mayor estabilidad durante el embarque y almacenamiento, c) mejor apariencia y d) reducción de pudriciones ya que reducen la posibilidad de que las condiciones anaeróbicas se presenten ^[44].

3.4.4 PELICULAS A BASE DE LÍPIDOS

Los lípidos son moléculas orgánicas naturales que se aíslan de células y tejidos por extracción con solventes orgánicos no polares. Las grasas animales y vegetales son los lípidos más abundantes ^[48].

Químicamente, las grasas y los aceites son triacilgliceroles o triglicéridos, es decir, triésteres de glicerol con tres ácidos grasos de cadena larga. Por tanto, la hidrólisis de una grasa o un aceite con hidróxido de sodio acuoso produce glicerol y tres ácidos grasos. Los ácidos grasos que se obtienen por hidrólisis de triglicéridos suelen ser lineales (es decir no ramificados) y contienen un número par de átomos de carbono (entre 12 y 20) ^[48].

En la naturaleza existen unos 40 ácidos grasos distintos. El ácido palmítico (C_{16}) y el ácido esteárico (C_{18}) son los ácidos saturados más abundantes; los ácidos oleico y linoleico (ambos C_{18}) son los más abundantes entre los insaturados ^[48].

Las ceras, grasas y aceites presentan ésteres de ácidos grasos, y además existen los fosfolípidos que son ésteres de ácido fosfórico. Hay dos clases principales de fosfolípidos: fosfoglicéridos y esfingolípidos. Los fosfoglicéridos tienen una relación cercana con grasas y aceites, ya que contienen un esqueleto del glicerol unido por enlaces éster a dos ácidos grasos y a un ácido fosfórico. Los fosfoglicéridos más importantes son las lecitinas y las cefalinas, siendo éstos el principal componente lipídico en las membranas celulares de los tejidos tanto de plantas como de animales (aprox. 40%) ^[48].

La aplicación de los lípidos como recubrimiento se fundamenta en que son eficientes como barreras a la humedad debido a su carácter hidrofóbico, y la permeabilidad de la película es dependiente del tipo y cantidad del ácido graso en cuestión ^[47].

3.5 RECUBRIMIENTO A BASE DE QUITOSÁN.

La película de quitosán es una molécula hidrofílica la cual debe tratarse con algunos aditivos para propiciar cierta hidrofobicidad y mejorar sus propiedades mecánicas ^[16]. Por consiguiente, la incorporación de materiales grasos es con el fin de proveer hidrofobicidad e incrementar la resistencia a la transmisión de agua ^[16-19].

Con el fin de reducir la permeabilidad al vapor de agua de las películas de quitosán, Wong (1992) produjo películas de quitosán modificadas con ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos dado que estos últimos son en general buenos emulsificantes para estabilizar sistemas heterogéneos. Por otra parte, con el fin de ver el comportamiento que tiene la permeabilidad al vapor de agua y oxígeno, la permeabilidad al vapor de agua y oxígeno, y las propiedades mecánicas de la película de quitosán con el almacenamiento, Buter (1996) produjo películas de quitosán utilizando dos concentraciones diferentes de plastificantes.

El quitosán es de interés potencial como base de recubrimientos comestibles porque tiene propiedades de barrera al oxígeno además de tener actividad bactericida y fungicida contra algunos patógenos ^[17, 19, 22]. Por consiguiente, las cubiertas han sido efectivas para la conservación poscosecha en frutas y hortalizas y la extensión de la vida de anaquel de los mismos ^[21, 22]. Algunos ejemplos de aplicación son la fresa, el mango, el pepino, el aguacate, el jitomate, el pimiento verde, etc.

Se han hecho estudios previos como parte del trabajo de la cátedra Biotecnología, donde se ha probado que el uso in vitro de quitosán inhibe el crecimiento de hongos (de almacén y campo) en maíz y frijol ^[4].

4.- OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el recubrimiento de quitosán con y sin aditivos en las semillas de maíz de diferentes variedades y estados de la República a través de pruebas de calidad y resistencia a la presencia de hongos.

OBJETIVO PARTICULAR: 1

Caracterizar quitosán de crustáceos de acuerdo a su peso molecular y grado de desacetilación para emplearlo como recubrimiento.

OBJETIVO PARTICULAR: 2

Evaluar *in-vitro* la calidad de los maíces recubiertos con quitosán y quitosán con aditivos, mediante pruebas de humedad, germinación, longevidad y vigor.

5. METODOLOGÍA.

5.1 CUADRO METODOLÓGICO.

OBJETIVO GENERAL
 Evaluar el recubrimiento de quitosán con aditivos en las semillas de maíz de diferentes variedades y Estados de la República a través de pruebas de calidad, para alargar la vida de almacenamiento.

OBJETIVO PARTICULAR 1
 Caracterizar quitosán de crustáceos de acuerdo a su peso molecular y grado de desacetilación para emplearlo como recubrimiento.

OBJETIVO PARTICULAR 2
 Evaluar *in-vitro* la calidad de los maíces recubiertos con quitosán y quitosán con aditivos, mediante pruebas de humedad, germinación, longevidad y vigor.

Actividad 1
 Tratamiento de cáscara de camarón, para obtención de quitina y quitosán.

Actividad 2
 Caracterización de quitosán.
 peso molecular.
 °desacetilación.

Actividad 3
 Preparación de soluciones de quitosán.
 Variables
 Quitosán al 2%
 Quitosán al 2% con Acido Oleico al 0.03%
 Quitosán al 2% con Lecitina de Soya al 0.03%

Actividad 1
 Recubrimiento de maíces.

Actividad 2
 Evaluación de la calidad de los maíces recubiertos.

Maíces de diferentes Estados de la República.

Maíces de diferentes variedades.

Observación aparición de hongos

Secado a 103°C, x 3 días.

4 días en incubadora a 25-28°C.

7 días en incubadora a 25-28°C.

Prueba de Humedad.

Prueba de Germinación estandar.

Prueba de Longevidad/Vigor.

Resultados y Análisis de Resultados

5.2 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

OBJETIVO PARTICULAR 1

Actividad 1

“Tratamiento de cáscara de camarón para obtención de quitina y quitosán”^[51].

Actividad 2

“Caracterización de quitosán”.

Se determinó el peso molecular y el grado de desacetilación del quitosán obtenido.

PESO MOLECULAR

El peso molecular se determinó mediante el método de viscosimetría capilar por medio de la patente de la Doctora S. Patricia Miranda^[51], realizando tres mediciones para garantizar la confiabilidad del resultado.

Se prepararon 5 concentraciones diferentes de quitosán, una solución buffer [Ac/NaAc], y su respectivo blanco a 25°C empleando un Viscosímetro de Ostwald.

Se calculó la viscosidad relativa de cada una de las concentraciones mediante la ecuación^[51]: $n_{rel} = tm / t_0$

En donde tm fue el tiempo promedio en segundos en que la muestra de quitosán tardó en pasar en el tubo capilar, y t_0 fue el tiempo promedio en que el buffer tardó en pasar en el tubo capilar.

Se obtuvo la viscosidad específica de cada una de las concentraciones mediante la siguiente ecuación^[51]: $n_{esp} = n_{rel} - 1$

Se obtuvo la viscosidad reducida de cada una de las concentraciones mediante la siguiente ecuación ^[51]: $n_{red} = n_{esp} / [\]$ quitosán

Se graficaron los datos obtenidos de viscosidad reducida contra sus respectivas concentraciones de quitosán;

De aquí se obtuvo la Viscosidad Intrínseca de la ecuación de la recta; siendo la ordenada al origen el valor de la viscosidad intrínseca.

De acuerdo a la Ec, de Mark- Houwink se obtuvo el peso molecular ^[51].

$$n = k M^a$$

De la ecuación anterior, se despejó el peso molecular quedando como se muestra:

$$M = 10^{((\log n - \log k) / a)}$$

En donde n es la viscosidad intrínseca, siendo $k = 7.6 \times 10^{-5}$ dL/g y $a = 0.76$ (siendo una constante adimensional) ^[51].

Y se obtuvo el peso molecular promedio viscoso ^[51].

GRADO DE DESACETILACIÓN

Se determinó por una valoración ácido-base, mediante la patente de la Doctora S. Patricia Miranda.

El método consistió en exponer al quitosán a un exceso de disolución de ácido clorhídrico puro, provocando la protonación (cambio en la estructura del quitosán) del grupo amino libre del quitosán, valorando después esta disolución con hidróxido de sodio. El NaOH reacciona primero con el ácido libre en la disolución y después desplaza de la molécula de quitosán el anión cloruro unido al grupo amino libre. El quitosán precipita al quedar libre en un medio neutro ^[51], ^[53].

Actividad 3

“Preparación de soluciones de quitosán”.

1. En un vaso de precipitados se pusieron 20 gramos de polvo de quitosán, 1 litro de agua destilada y 10 ml de ácido acético, y se puso en agitación a temperatura ambiente hasta que se disolvió totalmente, obteniendo quitosán al 2%.
2. Una vez disuelto totalmente el quitosán a la solución se le tuvo que subir el pH ya que al utilizar ácido acético al [1%] como disolvente dejó acida la solución de quitosán, con un pH de 2, pudiendo dañar el tejido del maíz por ende se le agregó por goteo una solución base de NaOH (hidróxido de sodio) al 12% hasta que la solución de quitosán llegó a un pH de 5.

La solución obtenida de quitosán (1 lt) se dividió en 3 partes iguales y se trataron como a continuación se muestra:

- Solución A —————> Solución de Quitosán sin aditivos (Solo solución de Quitosán)
- Solución B —————> Solución de Quitosán más lecitina 0.03% v/v.
- Solución C —————> Solución de Quitosán más ac. oléico 0.03% v/v.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Actividad 1

“Recubrimiento de maíces”.

A continuación se enlista la diversificación de maíces de los diferentes Estados de la República con su variedad que se utilizó en la experimentación.

Tabla 6. Especificación de Estados de Procedencia y su tipo de maíz utilizado

MUESTRA	ESTADO DE LA REPÚBLICA	VARIEDAD
1	Michoacán	Amarillo
2	Guadalajara	Amarillo
3	Puebla	Azul
4	Veracruz	Amarillo
5	Toluca	Amarillo 1
6	Toluca	Amarillo 2
7	Distrito Federal (Chalco)	Azul
8	Distrito Federal (Chalco)	Amarillo
9	Guanajuato	QPM (maíz de alta calidad proteica)

Cada variedad de maíces de cada Estado fue recubierta con cada una de las soluciones de quitosán (Solución A, Solución B y Solución C) mediante los siguientes pasos:

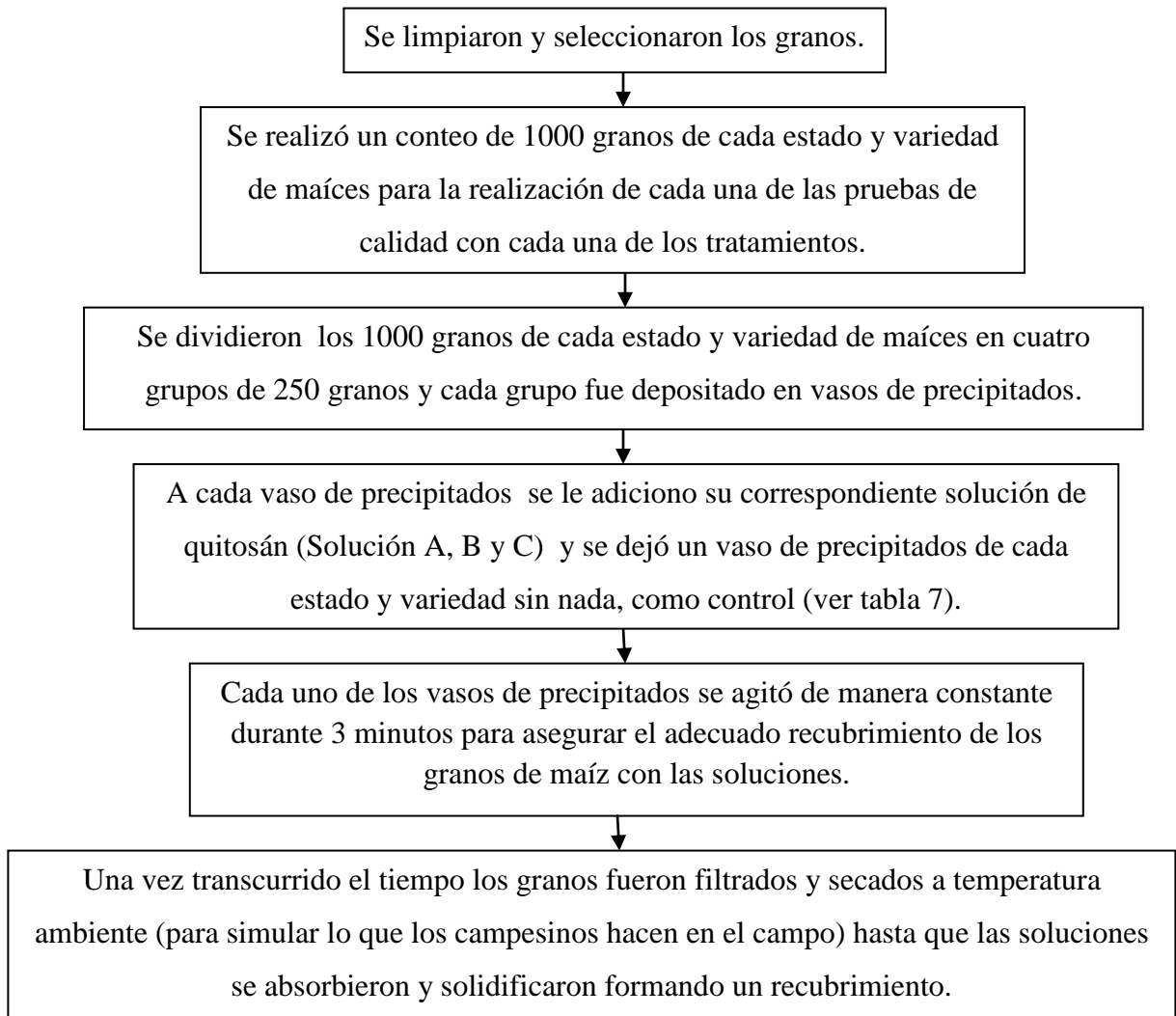


Tabla 7: Especificación de tratamientos

SOLUCIÓN CUBRIENTE	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
-----	Control (--)	Maíces sin recubrimiento
Solución A	Control (+)	Maíces recubiertos con Quitosán (QN).
Solución B	Tratamiento 1	Maíces recubiertos con QN + Ac. Oleico.
Solución C	Tratamiento 2	Maíces recubiertos con QN + Lecitina.

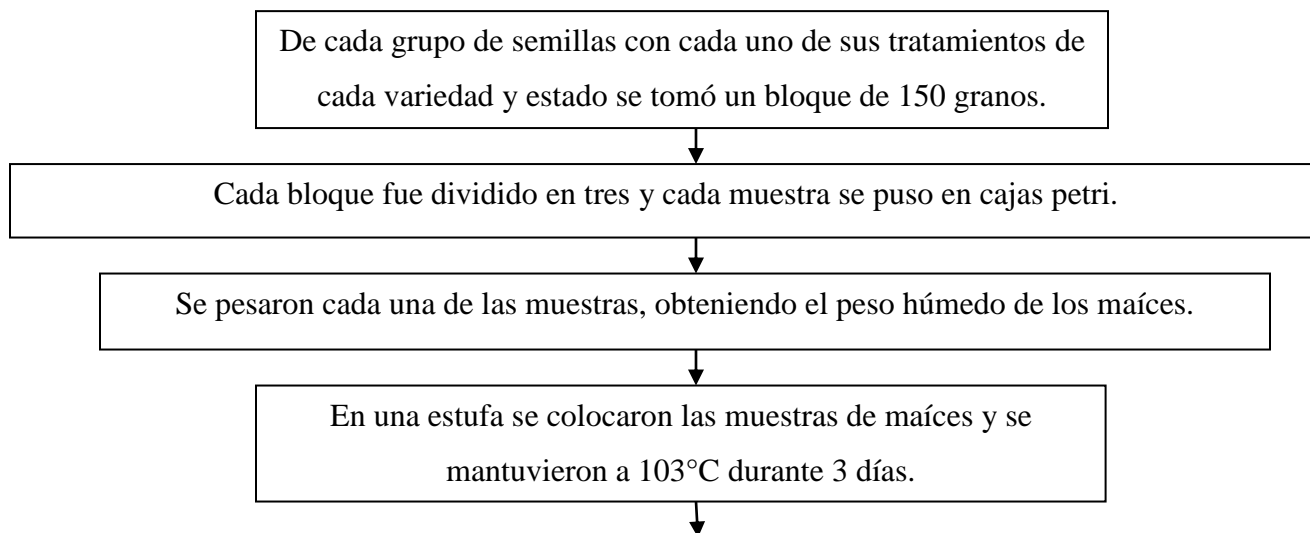
Actividad 2

“Evaluación de la calidad de los maíces recubiertos”.

Esta se hizo mediante pruebas de humedad, germinación y longevidad/vigor en cada una de las muestras de diferentes variedades de maíz, y observando el porcentaje de aparición de hongos.

PRUEBA DE HUMEDAD

La prueba de humedad se llevó a cabo mediante el método de secado por estufa, en el cual solo se elimina agua mediante calor aplicado a la muestra ^[55], se realizó de la siguiente manera:



Después de los tres días se volvieron a pesar todas las muestras y se obtuvo el peso de los maíces secos.

Se calculó el contenido de humedad por diferencia de pesos expresándolo en porcentaje, mediante la siguiente ecuación:

$$\% Humedad = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

En donde P_f es el peso seco y P_i el peso húmedo.

PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTANDAR

En esta prueba se midió el porcentaje de germinación y se pudo observar y cuantificar el porcentaje de aparición de hongos.

De cada grupo de semillas con cada uno de sus tratamientos de cada variedad y estado se tomó un bloque de 60 granos.

Cada bloque de 60 granos fue dividido en tres partes iguales para prueba.

En hojas de papel estraza se acomodaron cada una de las muestras de 20 granos de tal forma que el desarrollo de la plúmula fuera hacia arriba y el de las raíces hacia abajo, sin que se amontonaran los granos y evitar contaminación.

Imagen 1: Acomodo de los maíces.



Posteriormente se colocaron 3 hojas de papel estraza por debajo de la base de los granos y 2 hojas por arriba de la base (cubriendo las semillas).

Se humedecieron las hojas de papel estraza con agua

Imagen 2: Humectación de maíces



Se hicieron rollos con las hojas de papel en posición horizontal, con cuidado de que no se movieran los granos y se pusieron en una charola en forma vertical.

Imagen 3: Elaboración de rollos



Imagen 4: Acomodo de los rollos



Las charolas se ubicaron en una incubadora, por 4 días a una temperatura de 25 a 28°C, y los tacos se humedecieron todos los días con poca agua, supliendo las necesidades de agua que obtiene los maíces de la tierra al sembrarse.

Al final de la prueba se contaron las semillas que germinaron de manera normal (Plántula Normal (P.N)) y se contabilizaron los granos no germinados y con germinación anormal (Plántulas Anormales (P.A)), además se pudo generar la cuantificación de la aparición de hongos.

Imágenes 5 y 6: Cuantificación de Hongos



PRUEBA DE LONGEVIDAD Y VIGOR

La prueba de longevidad y vigor se hizo para medir la longitud de las plántulas y ver si la aplicación de quitosán ayudaba en su crecimiento ^[9].

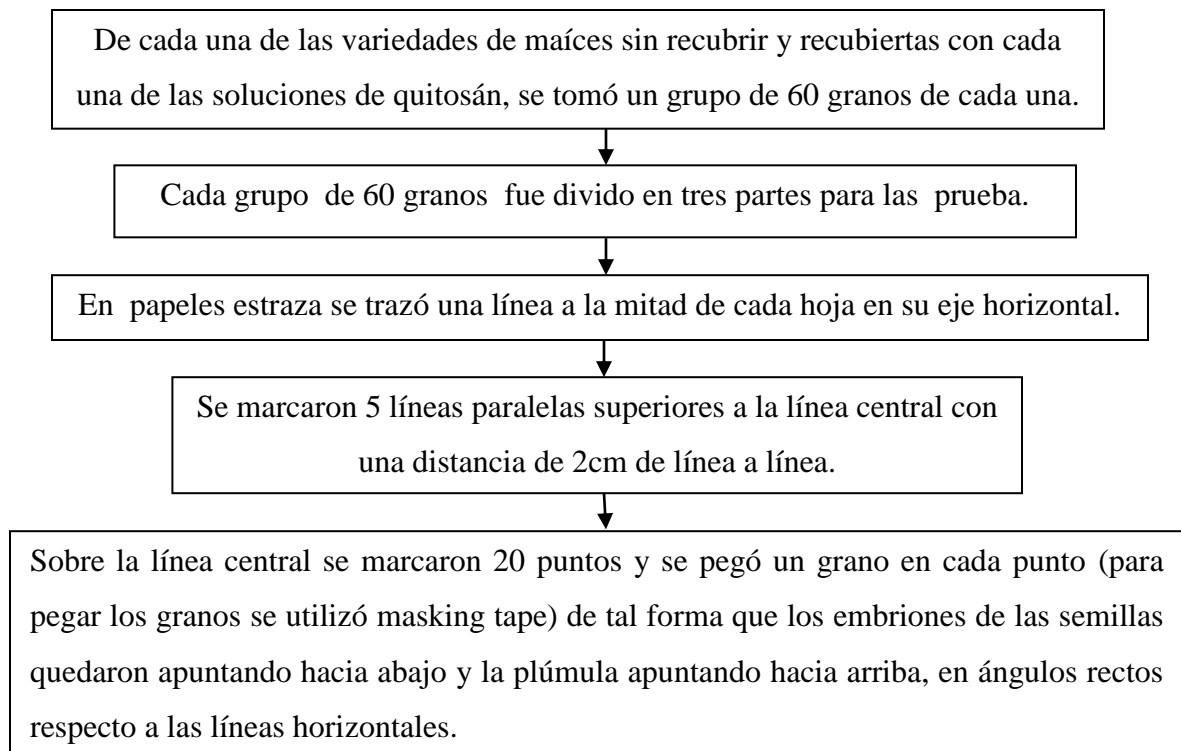


Imagen 7: Acomodo y pegado de los maíces



Se colocaron 2 hojas por arriba de la base (cubriendo las semillas) y se hizo un rollo (como se muestra en la imagen 3), ubicando las hojas de papel estraza en sentido perpendicular a las líneas horizontales.

El diámetro de los rollos fue de aproximadamente 4 cm, los cuales no debían quedar muy apretados para permitir una buena aireación de las semillas.

Los rollos se sujetaron con ligas, y se mantuvieron en forma vertical en una charola (como se muestra en la imagen 3).

Las charolas se colocaron dentro de una incubadora, la cual se mantuvo de 25 a 28°C sin luz.

Para evitar que los granos o semillas se secan, se rociaron con agua cada 2 días durante una semana en donde las plántulas provenientes de semillas vigorosas ya medían aproximadamente 10 cm o más.

Al final de la prueba se midió la longitud de las plúmulas de las plántulas normales y las anormales (sin crecimiento alguno) se descartaron.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianzas de un factor (Anova), tanto para muestras como para tratamientos usando el programa Excel. Las diferencias de medias se analizaron mediante la prueba de Duncan, considerando como significativos aquellos resultados con valor de $p < 0.05$.

Se consideraron los tratamientos así como las variedades y los estados de donde se produjeron las semillas de maíz como variables determinantes y se definió si había un nivel de significancia.

6. RESULTADOS

Caracterización de Quitosán.

El peso molecular promedio viscosimétrico obtenido del quitosán fue de 547,238.9697 g/mol confirmando que lo obtenido fue quitosán.

El quitosán obtenido presentó una solubilidad total en una solución de ácido acético al 1%, lo cual es indicativo de su elevada pureza.

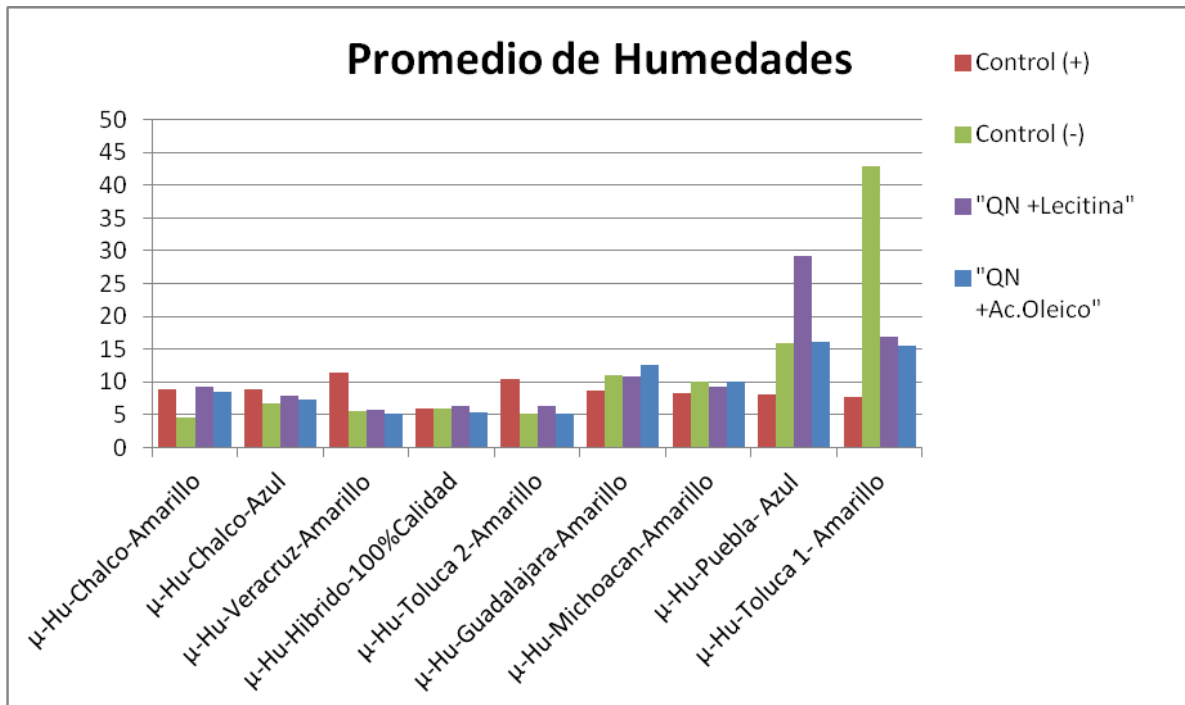
El grado de desacetilación obtenido fue del 64%, lo cual coincide por lo reportado por No y Lee (2000), quienes sostienen que el grado de desacetilación del quitosán debe encontrarse entre 56-99% para asegurar la conversión de quitina a quitosán.

Evaluación *in-vitro* de la calidad de los maíces recubiertos con quitosán y quitosán con aditivos, mediante pruebas de humedad, germinación, longevidad y vigor.

HUMEDAD

A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas y cálculos efectuados para determinar el contenido de humedad de las semillas de maíz por el método de secado en estufa:

Grafica 5: Promedio de resultados obtenidos de Humedad de cada una de las muestras de maíces de diferente variedad y estados de la Republica con sus tratamientos.



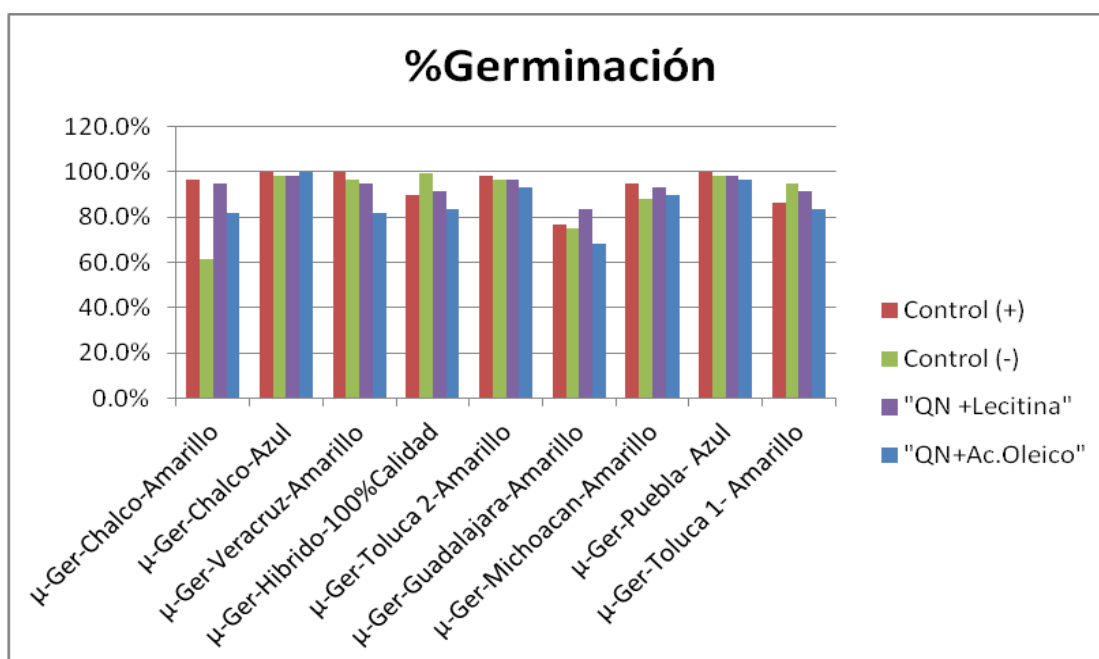
Como lo muestra la grafica 5, podríamos decir que la aplicación de los tratamientos al maiz le permitieron disminuir su humedad comparando el control negativo (sin ningun recubrimiento) sin embargo para determinar si los resultados obtenidos del contenido promedio de humedad hubo un impacto significativo entre los tratamientos aplicados se hizo un análisis de varianzas de un factor, analizando primero el impacto entre las muestras de maíces con cada tratamiento y posteriormente el impacto entre la aplicación del tratamiento en las muestras (ver anexos).

El análisis de varianza nos arroja el resultado de que no existe una diferencia significativa de humedad en la aplicación de los tratamientos.

GERMINACIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas a nivel in-vitro para determinar la calidad de los granos de acuerdo a su porcentaje de germinación (ver también anexo 2)

Grafica 10: Promedio de germinación de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.



De acuerdo a lo que se observa en la gráfica 10 podríamos decir que no existe diferencia en la germinación de cada una de las muestras y con la aplicación de los tratamientos por tanto se procedió a determinar si existe una diferencia significativa entre cada una de las muestras de maíces así como la aplicación de los tratamientos (ver anexo 2).

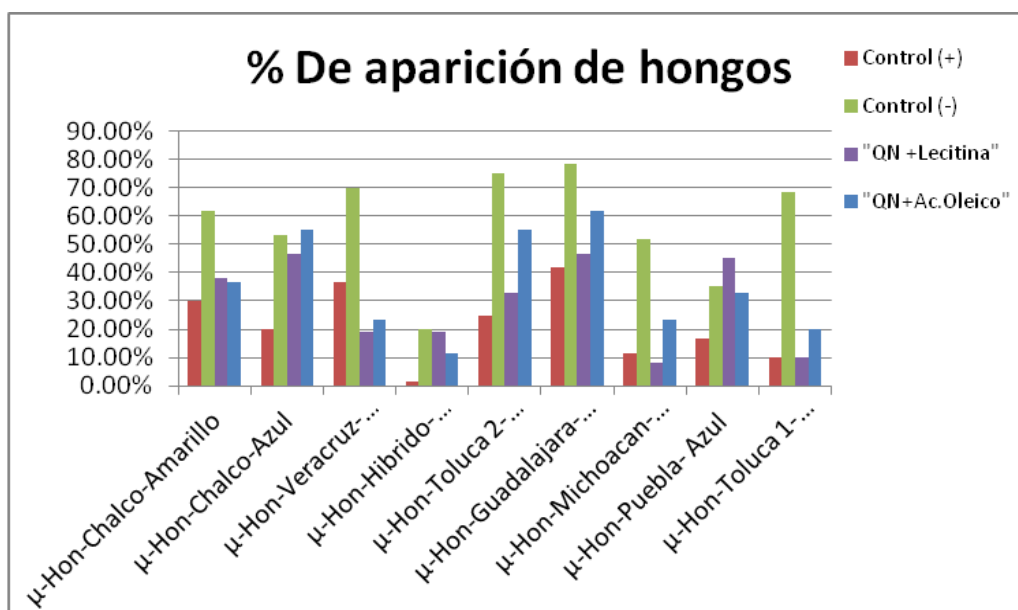
Los resultados nos indican que las variedades de Guadalajara (amarillo) y Toluca 1 (amarillo) presentan una diferencia significativa de menor germinación, mientras que las variedades de Michoacán (amarillo), Puebla (Azul), D.F (azul) presentan una diferencia significativa de mayor germinación, sin embargo en cuanto al análisis de aplicación de

tratamientos nos dice que no existe ninguna diferencia significativa. Así que la aplicación de los tratamientos de quitosán no aporta una mejora en la calidad del maíz a este nivel.

HONGOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas in-vitro de germinación donde se pudo cuantificar la aparición de hongos y determinar la calidad de los granos durante el almacenamiento.

Grafica 15: Porcentaje promedio de aparición de Hongos de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.

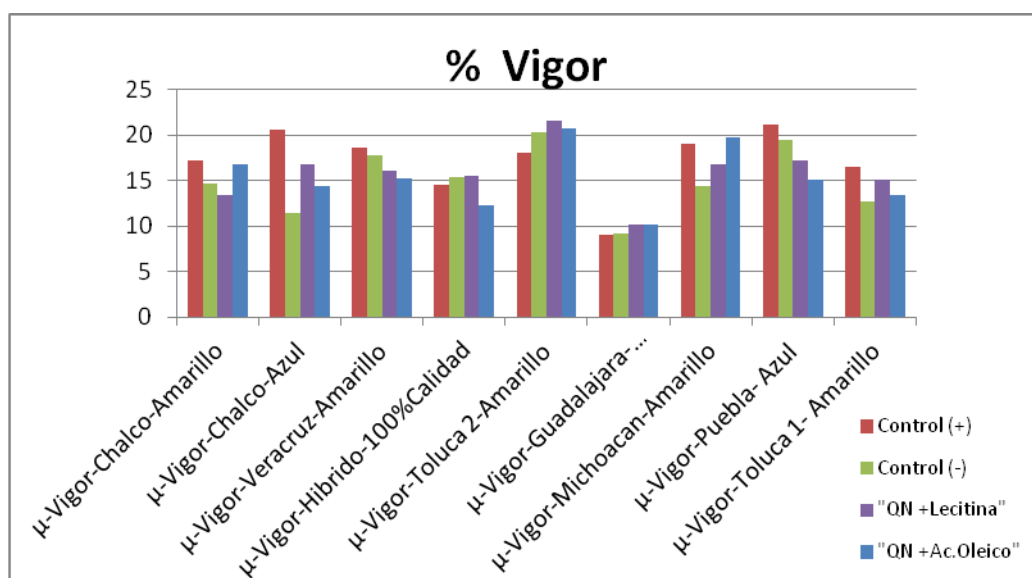


Estos resultados nos muestran que las granos sin aplicación de ningún tratamiento (Control (-)) es donde mayor diferencia significativa se presenta, indicando que al no haber ningún tratamiento en estos la presencia de hongos aumenta y es inevitable, mostrando que al aplicar un tratamiento con quitosán se logra tener una mejor calidad en los maíces como tal y durante la cosecha.

LONGEVIDAD Y VIGOR

A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas in-vitro para determinar la calidad de los granos de acuerdo a su porcentaje de vigor y/o longevidad.

Grafica 20: Promedio de Vigor y/o Longevidad de cada una de las muestras de maíz a diferentes tratamientos.



Se procedió a determinar si existe una diferencia significativa entre cada una de las muestras de maíces (ver anexos).

Los resultados nos indican que las variedades de Guadalajara (amarillo), Veracruz (amarillo) y Toluca 1 (amarillo) presentan una diferencia significativa de menor Vigor, mientras que las variedades de Michoacán (amarillo), Puebla (azul) y Toluca 2 (amarillo), presentaron una diferencia significativa de mayor Vigor. Sin embargo no se encontró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en cada una de las muestras.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas para determinar la calidad de los maíces al aplicarle un tratamiento podemos concluir lo siguiente:

Con la evaluación de la Humedad se pudo observar a que al aplicar el recubrimiento de quitosán se protege a la semilla (independientemente de que raza sea) de ganar o ceder humedad con lo que se considera que se puede frenar uno de los problemas más importantes a los que se encuentran los mismos que son la presencia de hongos, con lo que se puede ayudar a aumentar la cantidad y calidad de las cosechas con lo que se esperarían grandes beneficios económicos.

Al realizar las demás pruebas de calidad como lo son Germinación, Vigor y Longevidad pudimos corroborar la relación que existe con la aparición de hongos. Notando que al aumentar la presencia de estos los valores de Germinación, Vigor y Longevidad también disminuían, sin embargo la aplicación de los tratamientos de quitosán no expresaron ninguna diferencia significativa.

Por otro lado al observar los resultados se concluye que para el recubrimiento de maíces es más prometedor el usar quitosán sin aditivos que con los mismos.

CONCLUSIONES

- **El tratamiento realizado a las cascarras de camarón fue el correcto ya que se consiguió la conversión de quitina a quitosán.**
- **La calidad de los maíces con la aplicación del recubrimiento de quitosán se vio mejorada sin importar el estado y la variedad ya que se logro proteger la humedad de los granos, así como la aparición de hongos en los mismos.**
- **De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma que la aplicación del quitosán como recubrimiento permite alargar la vida de almacenamiento de los maices sin importar la variedad y del estado de la republica.**
- **Se observo que la aplicación del recubrimiento de quitosán sin aditivos funciona mejor que con ácidos grasos.**
- **Para continuar evaluando la calidad que le aporta el quitosán a los maíces se debería llevar las pruebas a nivel cultivo.**
- **Se podrían hacer otras pruebas de calidad con quitosán con otros aditivos, para evaluar que otras premisas puede aportar este biopolimero.**
- **Para aplicar el recubrimiento de quitosán a nivel industrial se requiere hacer un análisis del rendimiento del quitosán como recubrimiento en los maíces, para saber cuánto quitosán se requiere y cuanto hay que invertir para implementarlo, también se requiere hacer un análisis de inversión/beneficio para saber si la inversión es costeable.**

REFERENCIAS.

1. Lizárraga Paulín, E. G., 2009, Producción de maíz en México, *Revista Ciencia y Desarrollo*, 35, (233), 64-69.
2. López, R., Marcano, A., 1992, “*Efectos de dos herbicidas y sus mezclas sobre el rendimiento en maíz *Zea mays* y la dinámica poblacional de malezas*”, *Agronomía Tropical*, 42, (3-4), 161-173.
3. López-Lozano, M., Espinoza-Banda, A., 2003, El cultivo de maíz en México y la contribución del fitomejorado para favorecer la autosuficiencia, *Revista Mexicana de Agronegocios*, 12, (VII), 596-605.
4. De la Paz-Romero, M., 2005, Nuevas aplicaciones del quitosán en biomedicina, *Gaceta UNAM*, (3801), 10-11.
5. Rojas, Yo., 2005, Películas de Quitosán, *Revista de Investigación y Desarrollo, Periodismo de Ciencia y Tecnología*, www.invdes.com.mx.
6. BIOPPS, C. de M., 2007, New uses of chitosan in biomedicine, *Biomedica*, www.biopps.com.
7. Investigación y desarrollo, 2000, La quitina y su potencial industrial, *Revista de Investigación y Desarrollo, Periodismo de Ciencia y Tecnología*, www.invdes.com.mx.
8. Miranda, S. P., Cárdenas, G., López, D., Lara-Sagahon, A., 2003, Comportamiento de Películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamientos de aguacate, *The Mexican Chemical Society*, 47,(004), 331.
9. Moreno Martínez, E., 1996, “*Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*”, 3.^{ra} ed., UNAM, UNAM Ciudad Universitaria, 04510, 35-150.
10. Muñetón Pérez, Patricia, "La importancia de proteger al Maíz como un bien común Entrevista con la Dra. Elena Álvarez-Buylla Roces ". *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 10 de abril 2009, Vol. 10, No. 4.
11. Gloria López Morales, Pueblo de maíz. La Cocina Ancestral de México. Expediente Técnico para la Postulación como Patrimonio Inmaterial y Oral de la UNESCO, CONACULTA, México, D.F., 2004.
12. Richard Stockton McNeish citado en Gloria López Morales, Pueblo de maíz. La Cocina Ancestral de México. Expediente Técnico para la Postulación como Patrimonio Inmaterial y Oral de la UNESCO, CONACULTA, México, D.F., 2004.
13. Flores, Valdez, Claudio. A., *Situación del Maíz y la Tortilla*, Reporte de Investigación, UACH.CIESTAAM., Chapingo, México., Octubre 2007, p.p. 9-43.
14. Lesur, Luis., *Manual del cultivo del maíz, una guía paso a paso*, Colección Como hacer Bien y Fácilmente, 1^{ra} ed., Trillas, 2005, p.p. 11-80.
15. www.SIACON.com
16. Olabarrieta, I., Forsstrom, D., Gedde, U. W., Hedenqvist., “Transport properties of Chitosan and Whey blended with poly (E-caprolactone) assessed by standard permeability measurements and microcalorimetry” *Polymer*. 42, 2001, p.p. 4401-4408.

17. Torres J.A., Dewitt-Mireles, C., Savant V., "Two Food Applications of Biopolymers: Edible Coatings Controlling Microbial Surface Spoilage and chitosan Use to Recover Proteins from Aqueous Processing Wastes", Ed. American Chemical Society, Washington D.C., 1999, p.p. 248-283.
18. Nystrom, Bo., Kjoniksen, A. L., Inverse, C., "Characterization of association phenomena in aqueous systems of Chitosan of different hydrophobicity", *Advances in Colloid and Interface Science*. No 79, 1999, p.p. 81-103.
19. Wong, D.W.S., Gastineau, F. A, Gregorsy, K.S., Tillin, S.J., Pavlath, A.E., "Chitosan-Lipid Films: Microstructure and Surface Energy", *J. Agric. Food Chem.* No. 40, 1992, p.p. 540-544.
20. Obtención y Utilización de Quitina y Quitosano a partir de desechos de crustáceos www.ceiso.com.
21. Bosques M, E., Vernon C, J., Pérez F, L., Guerrero L, I. "Películas y Cubiertas Comestibles para la Conservación en Fresco de Frutas y Hortalizas.", *Industria Alimentaria*. Ene Feb., 2000, p.p. 4-36.
22. Miller, K.S., Krochta, J.M., "Oxygen and Aroma barrier properties of Edible Films: A Review", *Trends in Food Science and Technology*. Vol 8, July, 1997, 228-239.
23. Salvador, L., Miranda, S. P., Aragón, N., Lara, V., "Recubrimientos de Quitosán en Aguacate", *Revista de la Sociedad Química de México*, Vol.43, No 1, 1999, p.p. 18-23.
24. Lerdthanangkul, S., Krochta, J. M., "Edible Coating Effects on Postharvest quality of Green Bell Peppers", *Journal of Food Science*, Volume 61, No. 1, 1996, 176-179.
25. Narváez Gonzalez Ernesto D., Figueroa Cárdenas Juan de D., Taba Suketoshi, Aspectos Microestructurales y posibles usos del Maíz de acuerdo con su origen geográfico, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2007, vol 30, N. 003, Chapingo México, p.p. 321-325.
26. Maíz, Abasto y Comercialización de Productos Básicos, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1991.
27. Reyes Viguera Armando, El TLC y la desgravación del maíz, *Rafael Preciado Hdez, A.C*, año 1, N.0, 2008.
28. Stanley A. Watson, Paul E. Ramstad. *Corn: Chemistry and Technology*. Published by the A.A.C.C., St. Paul Minnesota, U.S.A, 1987.
29. Watson, S.A. Structure and composition. En S.A y P.E Ramstad. eds. *Corn: chemistry and technology*, 1987, p. 53-82. St Paul, E.E.U.U., Am. Assoc. Cereal Chem.
30. Burge, R.M. y Duensing, W.J. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
31. Vega, V. D. D. y Ramírez, M. P. 2004. Situación y perspectivas del maíz en México. URL: http://economia.gob.mx/pics/p/p763/Maiz_270304.pdf.
32. Camara Nacional del Maíz Industrial, 16 de Octubre 2001
33. Situación Actual y Perspectivas del Maíz, Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera, 1996-2012, p.49-58.
34. Fuente de Información Agropecuaria de Consulta. (SIACON-SIAP)
35. Reyes Castañeda P, El maíz y su cultivo, AGT editor, S.A, 1990,
36. Hernández Hdz. Jose E., Puentes P. Luis H., Manejo Pots cosecha de Granos a Nivel del Pequeño Agricultor. Universidad Nacional de Colombia, CINDEC, p. 9-29.

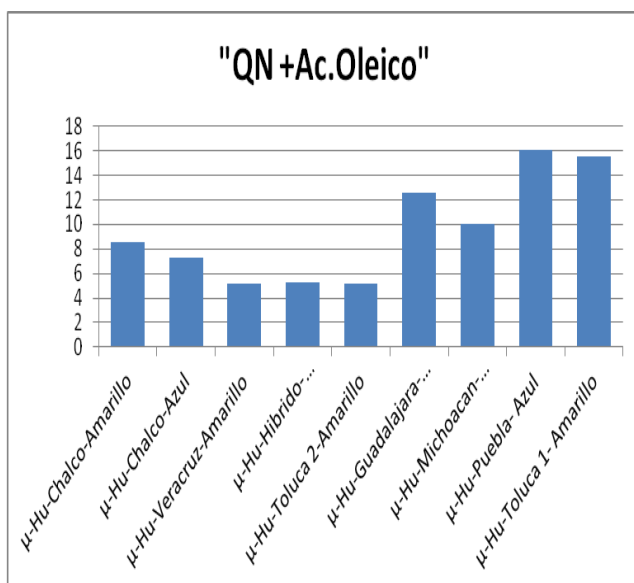
37. Boyer, C.D. y Shannon, J.C, Carbohydrates of the kernel (S.A. Watson y P. E. Ramstad, eds. Corn : chemistry and technology St Paul, Minn., EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem), 1987, p. 253-272.
38. Landry, J. y Moureaux, T, Distribution and amino acid composition of protein fractions in opaque-2 maize grain. *Phytochemistry*. 1970-1982, 21: 11365- 1869.
39. Bressani, R. y Mertz, E.T. Studies on corn protein. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chem.*, 1958, 35: 227-235.
40. Bressani, R., Breuner, M. y Ortiz, M.A, Contenido de fibra ácido- y neutrodetergente y de minerales menores en maíz y su tortilla. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 1989, 39: 382-391.
41. DUKE, J.A., Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Ann. Missouri Bot. Gard*, 1965, 52(3): 314-350.
42. Muzzarelli R.C., Jeaniaux Charles and Gooday G.W. 1986. Chitin in nature and technology. Plenum Press. N.Y. London. 3rd.
43. Krochta, J. M., De Mulder Johnston, C., 1997, Edible films Solve Problems, *Food Technology*. Vol 51, No 2, February, p. 60-74.
44. 8 Bosques M, E., Vernon C, J., Pérez F, L., Guerrero L, I. Enero Feb., 2000, Películas y Cubiertas Comestibles para la Conservación en Fresco de Frutas y Hortalizas, *Industria Alimentaria*, p. 4-36.
45. Coffin, D. R., Fishman, M. L., 1993, Viscoelastic Properties of Pectin/Starch Blends, *J. Agric. Food Chem.* No.41, p. 1192-1197.
46. Butler, B. L., Vergano, P. J., Testing R. F., Bunn, J. M., Wiles J. L, 1996, Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by composition and storage, *Journal of Food Science*, Volume 61, No. 5, p. 953-961.
47. Morrillon, V., Debeaufort, F., Capelle, M., Blond, G., Voilley, A., 2000, Influence of the Physical State of water on the Barrier Properties of Hydrophilic and Hydrophobic Films, *J. Agric. Food Chem.* Vol.43, No.38, p. 11-16.
48. John McMurry, 1994, *Química Organica*, Grupo Editorial Iberoamerican, 3^{ra} ed, p. 1055-1061.
49. Departamento de Agricultura, 1984. Cosecha de granos, trigo, frijol, maíz y soya. [en línea]; por Deposito de Documentos de la FAO, <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s03.htm#3>. Cosecha de maíz.
50. Ravi Kumar MNV. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive Functional Polymers*. 46,1.
51. Miranda–Castro S P. (2000)., Proceso para la extracción de quitina a partir de crustáceos y su conversión a quitosán, Patente en trámite. Instituto México, No. de expediente 005444. No de Folio 11759305.
52. Irama, J.Fernández., Polimeros en Solución y aplicaciones de los polímeros en la industria Petrolera, PDVSA-itevep. Departamento de manejo integrado de producción, urbanización Santa Rosa, sector el tambor, Los teques, Estado Miranda, 1201. Venezuela, internet: www.ehu.es/reviberpol/pdf/publicados/fernandez.pdf.

53. Xuan J, Lirong Ch, Wei Z.A new linear potentiometric, titration method for the determination of deacetylation degree of chitosan. Carbohydr Polym. 2003; 54:457-463.
54. Lovell, P.A., Dilute Solution Viscometry, en comprehensive of polymer science. The Synthesis, Characterisation, Reactions & Applications of Polymers, Eastmond G.C., Ledwith, A., Russo, S. and Sigwalt, P. Eds; Vol. 3, Pergamon Press, England (1989) 17-31.
55. Leo M.L. Nollet, Handbook of Water Analysis, 2^a Edición, CRC Press, 1996, 180-200.

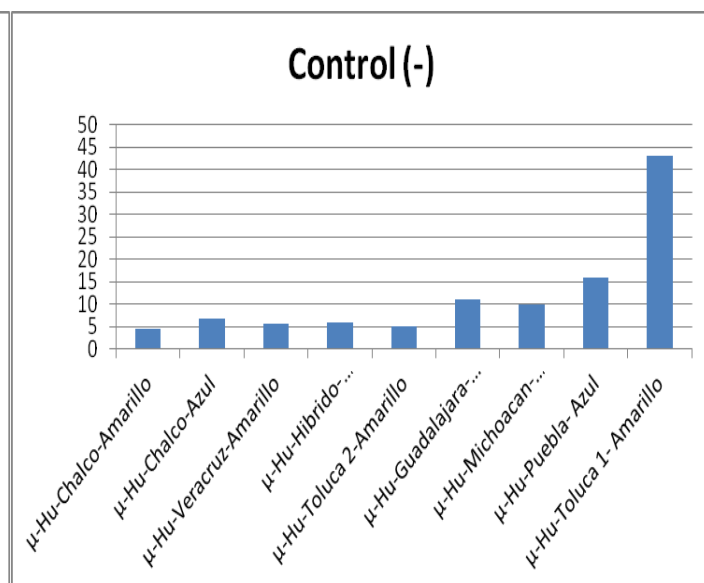
ANEXOS

ANEXO 1: HUMEDAD

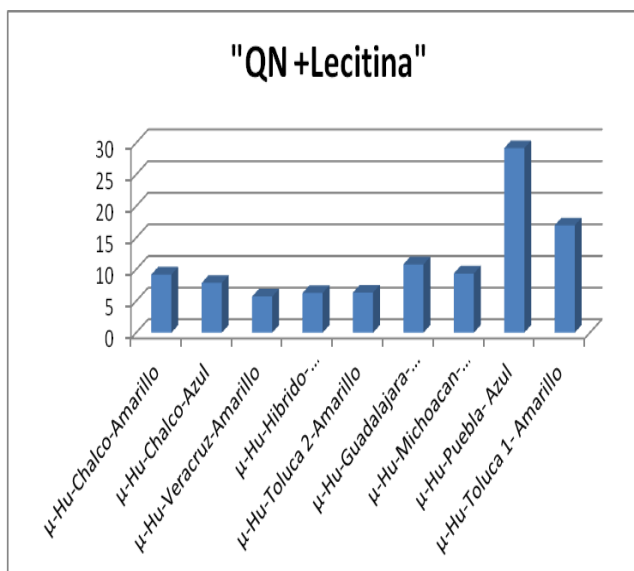
Graficas 1: Resultados de Humedad obtenida en maíces recubiertos de quitosán con ácido oleico.



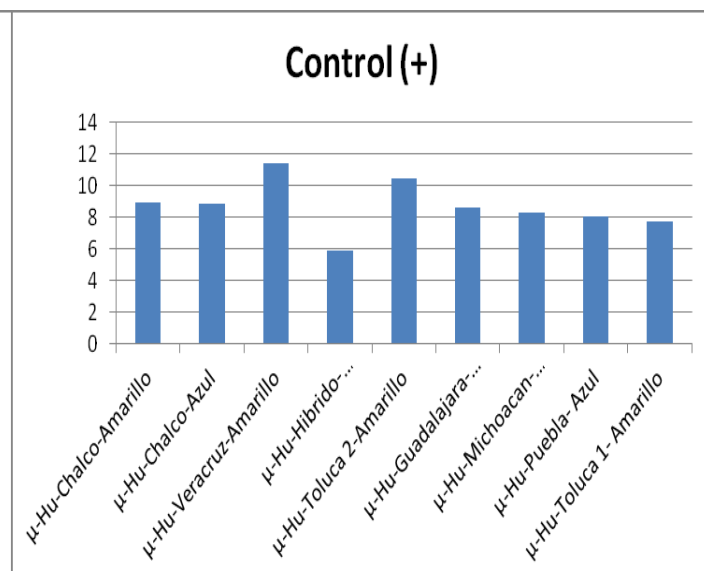
Grafica3: Resultados de Humedad obtenidos de los maices sin recubrimiento.



Grafica2: Resultados de Humedad obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.



Grafica4: Resultados de Humedad obtenidos de los maices recubiertos solo con quitosán.



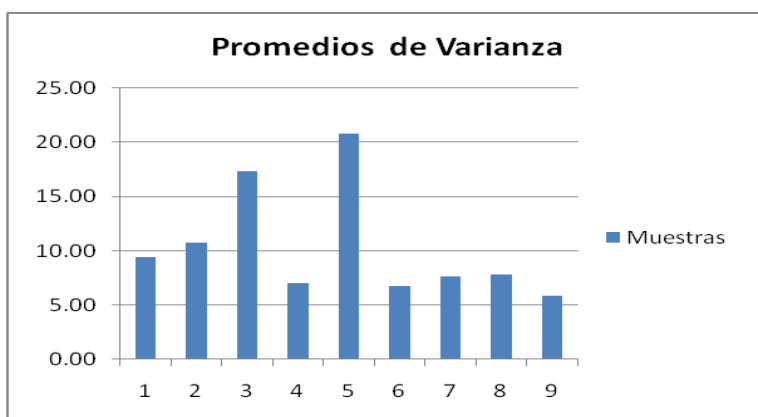
Análisis de varianzas de un factor para el promedio de humedad de las muestras, analizando primero el impacto entre las muestras de maíces con cada tratamiento y posteriormente el impacto entre la aplicación del tratamiento en las muestras.

Tratamientos	Porcentaje de Humedad de las Muestras								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Control (-)	9.98	10.97	15.95	5.56	42.98	5.14	6.68	4.60	5.91
Control (+)	8.33	8.62	8.03	11.43	7.74	10.46	8.85	8.94	5.91
Trat. 1	9.99	12.60	16.05	5.18	15.50	5.15	7.29	8.56	5.32
Trat. 2	9.35	10.80	29.16	5.72	16.96	6.35	7.87	9.19	6.28

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	37.65	9.41	0.61
Columna 2	4	42.98	10.75	2.67
Columna 3	4	69.19	17.30	76.66
Columna 4	4	27.90	6.97	8.89
Columna 5	4	83.19	20.80	235.16
Columna 6	4	27.10	6.78	6.35
Columna 7	4	30.68	7.67	0.85
Columna 8	4	31.30	7.82	4.69
Columna 9	4	23.42	5.85	0.16



ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE HUMEDAD EN LAS VARIEDADES

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	865.590	8	108.199	2.898	0.018	2.305
Dentro de los grupos	1008.083	27	37.336			
Total	1873.673	35				

p= 0.018 < 0.05

De acuerdo al análisis estadístico de 1 factor obtenemos una probabilidad de 0.018 y como es menor a 0.05 estamos seguros de que hay una diferencia significativa y se procede hacer Método Duncan para poder determinar cuál de las variedades o que variedad es la que muestra una diferencia significativa.

Determinamos:

t student 2.052
Dmsh 8.865

Posteriormente se procedió a obtener en cuales de los promedios de las muestras existe una diferencia significativa con respecto a dmsh.

X1-X2	-1.33	X2-X9	4.89
X1-X3	-1.33	X3-X4	10.32
X1-X4	2.44	X3-X5	-3.50
X1-X5	-11.39	X3-X6	10.52
X1-X6	2.64	X3-X7	9.63
X1-X7	1.74	X3-X8	9.47
X1-X8	1.59	X3-X9	11.44
X1-X9	3.56	X4-X5	-13.82
X2-X3	-6.55	X4-X6	0.20
X2-X4	3.77	X4-X7	-0.70
X2-X5	-10.05	X4-X8	-0.85
X2-X6	3.97	X4-X9	1.12
X2-X7	3.07	X5-X6	14.02
X2-X8	2.92	X5-X7	13.13

X5-X8	12.97	X7-X8	-0.15
X5-X9	14.94	X7-X9	1.82
X6-X7	-0.90	X8-X9	1.97
X6-X8	-1.05		
X6-X9	0.92		

Muestras	Tratamientos			
	Control (-)	Control (+)	Trat. 1	Trat. 2
1	9.98	8.33	9.99	9.35
2	10.97	8.62	12.60	10.80
3	15.95	8.03	16.05	29.16
4	5.56	11.43	5.18	5.72
5	42.98	7.74	15.50	16.96
6	5.14	10.46	5.15	6.35
7	6.68	8.85	7.29	7.87
8	4.60	8.94	8.56	9.19
9	5.91	5.91	5.32	6.28

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	9	107.79	11.98	148.68
Columna 2	9	78.30	8.70	2.50
Columna 3	9	85.64	9.52	18.69
Columna 4	9	101.68	11.30	56.52

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

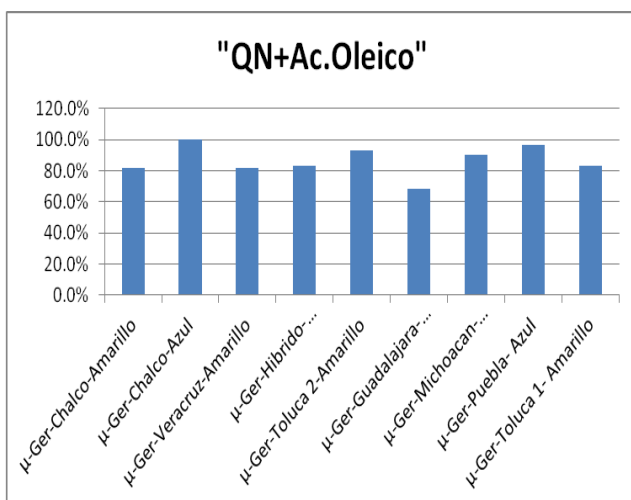
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	62.63	3	20.88	0.37	0.78	2.90
Dentro de los grupos	1811.05	32	56.60			
Total	1873.67	35				

$$p= 0.78 > 0.05$$

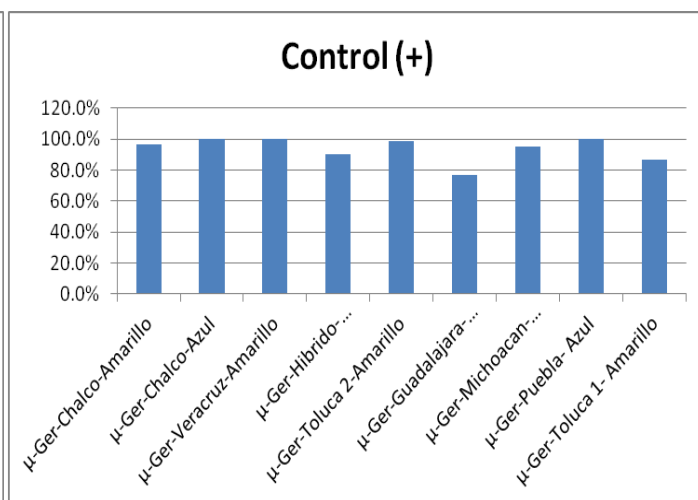
Como el análisis de varianza de un Factor nos da un valor de probabilidad mayor a 0.05 **No** se procede a Método Duncan.

ANEXO 2: GERMINACIÓN

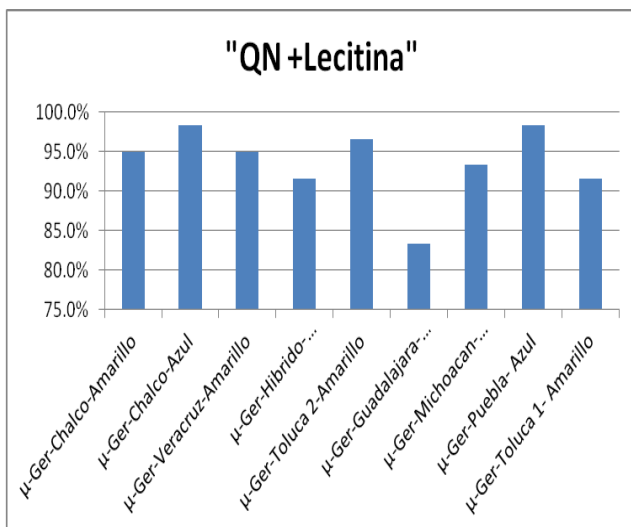
Grafica6: Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.



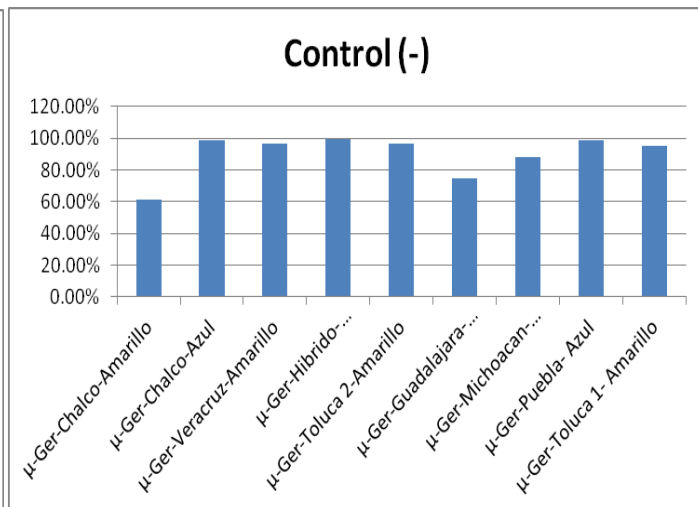
Grafica8: Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos solo con quitosán.



Grafica7: Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.



Grafica9: Resultados de Germinación in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con lecitina.



Análisis de varianzas de un factor para el promedio de Germinación de las muestras, analizando primero el impacto entre las muestras de maíces con cada tratamiento y posteriormente el impacto entre la aplicación del tratamiento en las muestras.

Tratamientos	Muestras- Germinación								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Control (-)	88.3%	75.0%	98.3%	96.6%	95.0%	96.6%	98.3%	86.6%	99.50%
Control (+)	95.0%	76.6%	100.0%	100.0%	86.6%	98.3%	100.0%	96.6%	90.0%
Trat. 1	93.3%	83.3%	98.3%	86.6%	91.6%	96.6%	98.3%	95.0%	91.6%
Trat. 2	90.0%	68.3%	96.6%	90.0%	83.3%	93.3%	100.0%	81.6%	83.3%

Análisis de Varianza de un Factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	4	3.666	0.9165	0.000929667
Columna 2	4	3.0323	0.758075	0.003807689
Columna 3	4	3.932	0.983	0.000192667
Columna 4	4	3.732	0.933	0.003718667
Columna 5	4	3.565	0.89125	0.00269825
Columna 6	4	3.8483	0.962075	0.000442222
Columna 7	4	3.966	0.9915	9.63333E-05
Columna 8	4	3.598	0.8995	0.005022333
Columna 9	4	3.644	0.911	0.004428667

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS VARIEDADES

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.153804491	8	0.019225561	8.109581816	1.56887E-05	2.305313178
Dentro de los grupos	0.064009485	27	0.002370722			
Total	0.217813976	35				

$$p = 1.56E-05 < 0.05$$

Como la probabilidad es menor a 0.05 estamos seguros de que hay una diferencia significativa y procedemos a hacer método DUNCAN, para saber que muestras o muestra nos marca la diferencia significativa.

Determinamos:

t student	2.051830493
Dmsh	0.070642615

Posteriormente se procedió a obtener en cuales de los promedios de las muestras existe una diferencia significativa con respecto a dmsh.

X1-X2	0.158425	X3-X7	-0.0085
X1-X3	-0.0665	X3-X8	0.0835
X1-X4	-0.0165	X3-X9	0.072
X1-X5	0.02525	X4-X5	0.04175
X1-X6	-0.045575	X4-X6	-0.029075
X1-X7	-0.075	X4-X7	-0.0585
X1-X8	0.017	X4-X8	0.0335
X1-X9	0.0055	X4-X9	0.022
X2-X3	-0.0665	X5-X6	-0.070825
X2-X4	-0.174925	X5-X7	-0.10025
X2-X5	-0.133175	X5-X8	-0.00825
X2-X6	-0.204	X5-X9	-0.01975
X2-X7	-0.233425	X6-X7	-0.029425
X2-X8	-0.141425	X6-X8	0.062575
X2-X9	-0.152925	X6-X9	0.051075
X3-X4	0.05	X7-X8	0.092
X3-X5	0.09175	X7-X9	0.0805
X3-X6	0.020925	X8-X9	-0.0115

Muestras	Tratamientos			
	Control (-)	Control (+)	Trat. 1	Trat.2
1	88.3%	95.0%	93.3%	90.0%
2	75.0%	76.6%	83.3%	68.3%
3	98.3%	100.0%	98.3%	96.6%
4	96.6%	100.0%	86.6%	90.0%

5	95.0%	86.6%	91.6%	83.3%
6	96.6%	98.3%	96.6%	93.3%
7	98.3%	100.0%	98.3%	100.0%
8	86.6%	96.6%	95.0%	81.6%
9	99.5%	90.0%	91.6%	83.3%

Hacemos Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	9	8.342	0.926888889	0.00643161
Columna 2	9	8.4313	0.936811111	0.00633892
Columna 3	9	8.3463	0.927366667	0.00263743
Columna 4	9	7.864	0.873777778	0.00904744

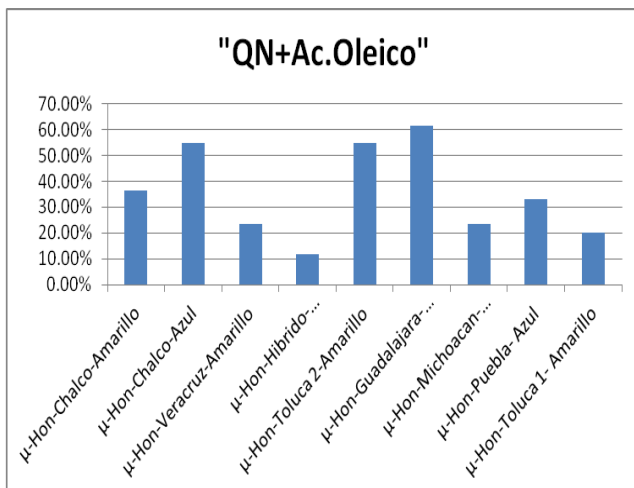
ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.022170682	3	0.007390227	1.20876761	0.322367141	2.901119588
Dentro de los grupos	0.195643293	32	0.006113853			
Total	0.217813976	35				

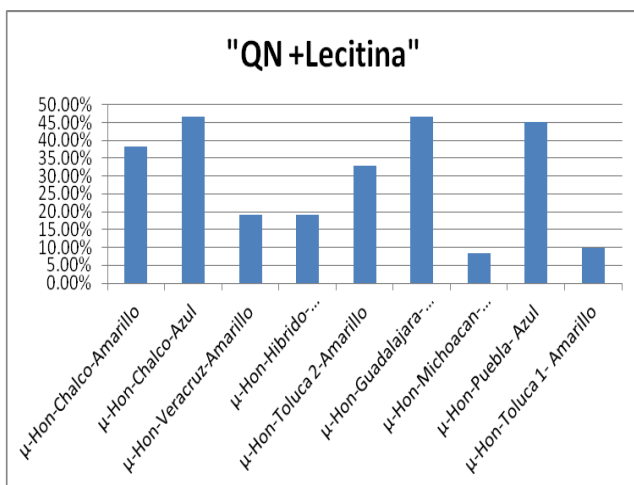
Como el análisis de varianza de un Factor nos da un valor de probabilidad mayor a 0.05 **No** se procede a Método Duncan.

ANEXO 3: HONGOS

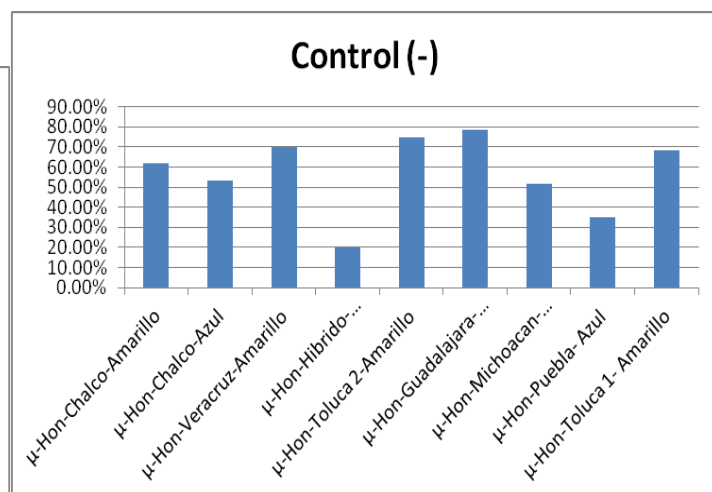
Grafica11: Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con ácido oleico.



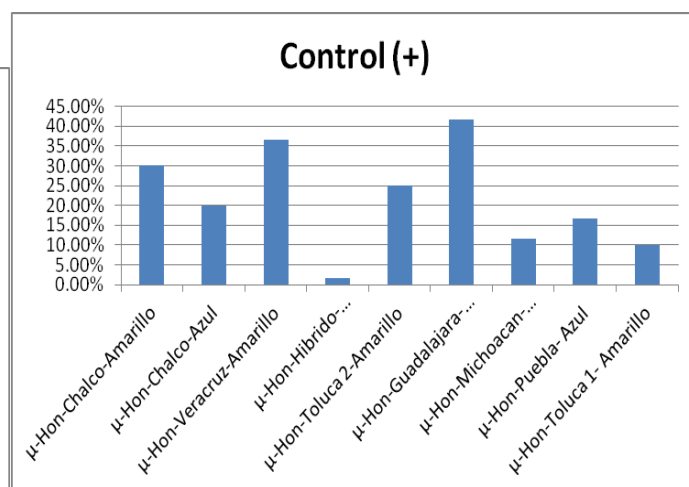
Grafica12: Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con ácido lecitina.



Grafica13: Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices sin recubrimiento de quitosán.



Grafica14: Resultados de porcentaje de aparición de hongos in-vitro obtenidos de los maices recubiertos de quitosán con ácido oleico.



Análisis de varianzas de un factor para el porcentaje promedio de aparición de hongos de las muestras, analizando primero el impacto entre las muestras de maíces con cada tratamiento y posteriormente el impacto entre la aplicación del tratamiento en las muestras.

Tratamientos	Muestras- Hongos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Control (-)	51.66%	78.33%	35.00%	70.00%	68.33%	75.00%	53.33%	61.60%	20.00%
Control (+)	11.66%	41.66%	16.66%	36.66%	10.00%	25.00%	20.00%	30.00%	1.66%
Trat. 1	8.30%	46.66%	45.00%	19.00%	10.00%	33.00%	46.66%	38.30%	19.09%
Trat. 2	23.33%	61.66%	33.00%	23.33%	20.00%	55.00%	55.00%	36.60%	11.66%

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS VARIEDADES

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.570166647	8	0.071270831	2.03907823	0.079626134	2.305313178
Dentro de los grupos	0.943716825	27	0.034952475			
Total	1.513883472	35				

$$p= 0.07962 > 0.05$$

Y como la probabilidad es mayor a 0.05% ya no se continua con el método de DUNCAN, y se determina que no hay una diferencia significativa en cuanto a las muestras utilizadas.

Procedemos a determinar si hay una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en cada una de las muestras.

Tratamientos

Muestras¹

	Control (-)	Control (+)	Trat. 1	Trat.2
1	51.66%	11.66%	8.30%	23.33%
2	78.33%	41.66%	46.66%	61.66%
3	35.00%	16.66%	45.00%	33.00%
4	70.00%	36.66%	19.00%	23.33%
5	68.33%	10.00%	10.00%	20.00%
6	75.00%	25.00%	33.00%	55.00%
7	53.33%	20.00%	46.66%	55.00%
8	61.60%	30.00%	38.30%	36.60%
9	20.00%	1.66%	19.09%	11.66%

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.625296712	3	0.208432237	7.50611184	0.000612861	2.901119588
Dentro de los grupos	0.88858676	32	0.027768336			
Total	1.513883472	35				

p= 0.0006128 < 0.05

Como la probabilidad es menor a 0.05 estamos seguros de que hay una diferencia significativa y procedemos a hacer método DUNCAN, para saber que tratamiento o tratamientos nos marcan la diferencia significativa.

Determinamos:

t student 2.036933334
 Dmsh 0.160009397

Posteriormente se procedió a obtener en cuales de los promedios de las muestras existe una diferencia significativa con respecto a dmsh.

DIFERENCIAS DE MEDIAS

XI-X2	0.3555
X1-X3	0.21518889
X1-X4	0.27471111
X2-X3	-0.14031111
X2-X4	-0.08078889
X3-X4	0.05952222

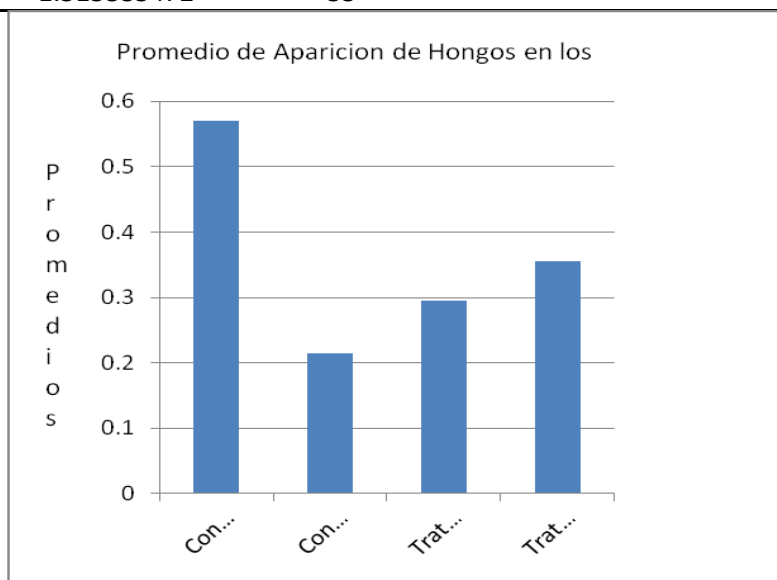
Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	9	5.1325	0.570277778	0.03740594
Columna 2	9	1.933	0.214777778	0.01711404
Columna 3	9	2.6601	0.295566667	0.02458938
Columna 4	9	3.1958	0.355088889	0.03196398

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.625296712	3	0.208432237	7.50611184	0.000612861	2.901119588
Dentro de los grupos	0.88858676	32	0.027768336			
Total	1.513883472	35				



Tratamiento PROMEDIO

Control (-)	0.570277778
Control (+)	0.214777778
Tratamiento 1	0.295566667
Tratamiento 2	0.355088889

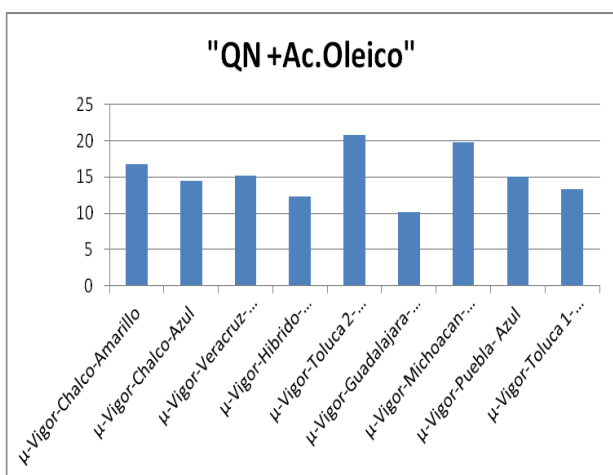
t student 2.036933334
dmsb 0.160009397

DIFERENCIAS DE MEDIAS

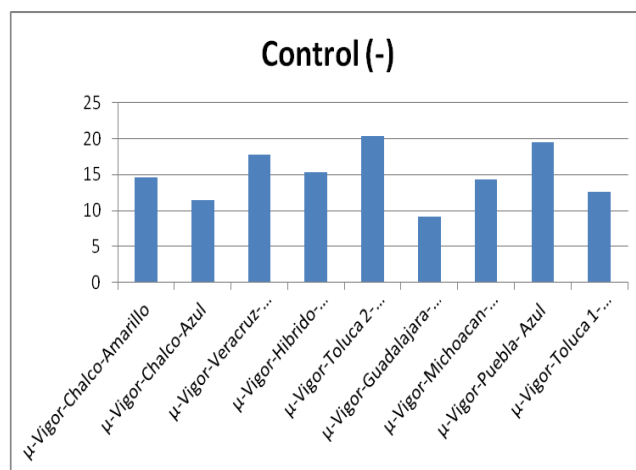
X1-X2	0.3555
X1-X3	0.274711111
X1-X4	0.215188889
X2-X3	-0.080788889
X2-X4	-0.140311111
X3-X4	-0.059522222

ANEXO 4: VIGOR Y/O LONGEVIDAD

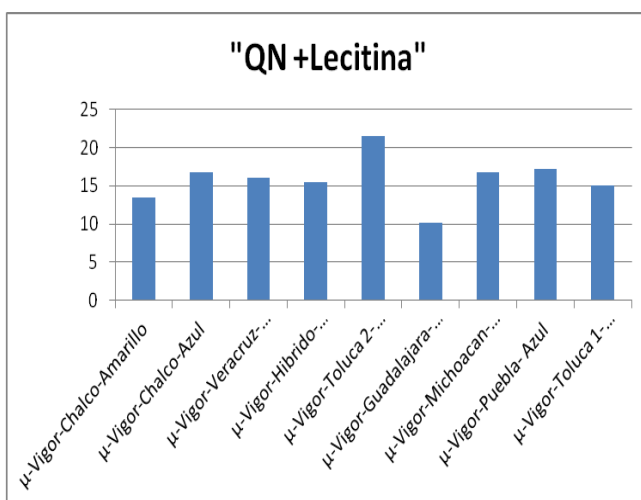
Grafica16: Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos de quitosán con ácido oleico.



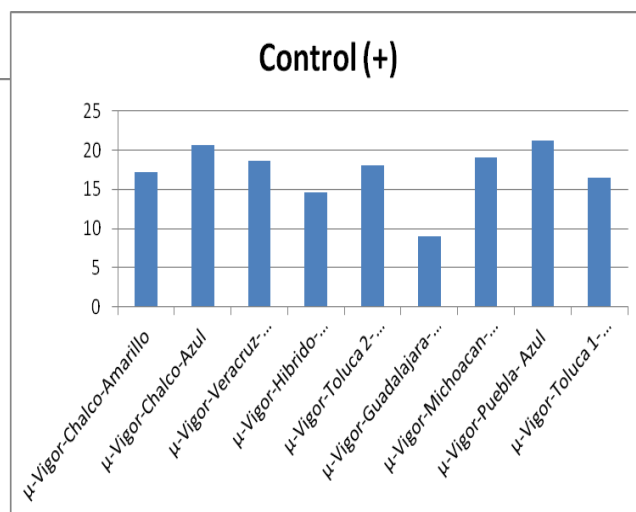
Grafica18: Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices sin recubrimiento.



Grafica17: Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos de quitosán con ácido oleico.



Grafica19: Resultados de porcentaje de vigor y longevidad obtenido de los maices recubiertos solo con quitosán.



Análisis Estadístico de Variedades

Tratamientos	Muestras								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Control (-)	14.37	9.18	19.43	17.73	12.6 5	20.28	11.42	14.65	15.30
Control (+)	19.00	9.05	21.17	18.62	16.5 3	18.05	20.62	17.18	14.58
Trat. 1	16.80	10.22	17.13	16.07	15.0 7	21.53	16.80	13.46	15.53
Trat. 2	19.78	10.12	15.05	15.23	13.3 7	20.75	14.43	16.75	12.33

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

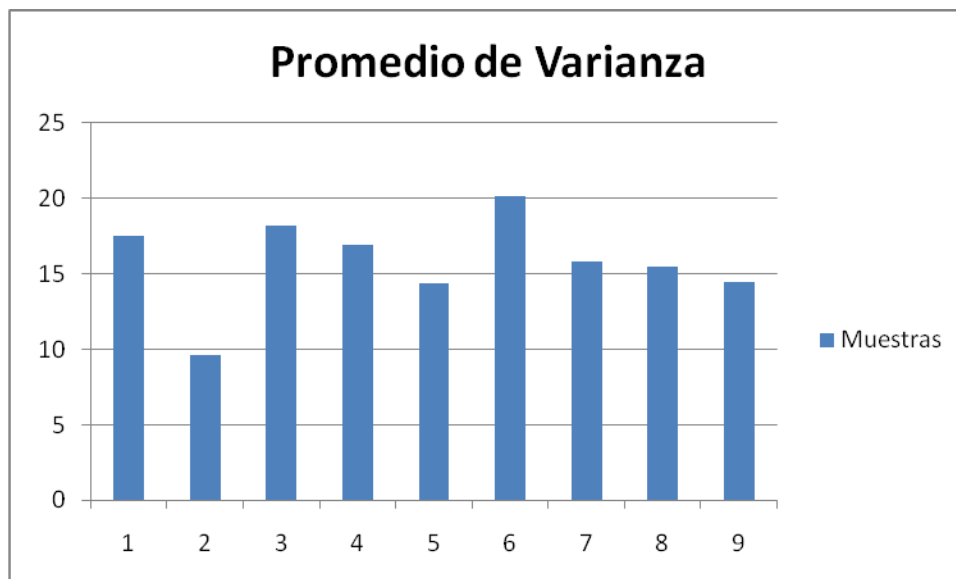
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	69.95	17.4875	5.923587963
Columna 2	4	38.56666667	9.641666667	0.37212963
Columna 3	4	72.78333333	18.19583333	7.127476852
Columna 4	4	67.65	16.9125	2.37099537
Columna 5	4	57.61666667	14.40416667	3.041921296
Columna 6	4	80.61666667	20.15416667	2.233773148
Columna 7	4	63.26140351	15.81535088	15.09837924
Columna 8	4	62.04122807	15.51030702	3.096126693
Columna 9	4	57.75	14.4375	2.131180556

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	282.3350475	8	35.29188094	7.672968935	2.53157E-05	2.305313178
Dentro de los grupos	124.1867123	27	4.599507861			
Total	406.5217598	35				

Menor a p

Como la probabilidad es menor a 0.05 se procede a Método de DUNCAN



Muestra	PROMEDIO
1	17.4875
2	9.641666667
3	18.195833333
4	16.9125
5	14.401666667
6	20.154166667
7	15.81535088
8	15.51030702
9	14.4375

ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS VARIEDADES

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	282.3350475	8	35.29188094	7.672968935	2.53157E-05	2.305313178
Dentro de los grupos	124.1867123	27	4.599507861			
Total	406.5217598	35				

p= 2.53E-05 < 0.05

Como la probabilidad es menor a 0.05 estamos seguros de que hay una diferencia significativa y procedemos a hacer método DUNCAN, para saber que muestras o muestra nos marcan la diferencia significativa.

Determinamos:

t student 2.051830493
dms 3.11158855

Posteriormente se procedió a obtener en cuales de los promedios de las muestras existe una diferencia significativa con respecto a dms.

X1-X2	7.845833333	X3-X7	2.380482456
X1-X3	-0.708333333	X3-X8	2.685526316
X1-X4	0.575	X3-X9	3.758333333
X1-X5	3.083333333	X4-X5	2.508333333
X1-X6	-2.666666667	X4-X6	-3.241666667
X1-X7	1.672149123	X4-X7	1.097149123
X1-X8	1.977192982	X4-X8	1.402192982
X1-X9	3.05	X4-X9	2.475
X2-X3	-8.554166667	X5-X6	-5.75
X2-X4	-7.270833333	X5-X7	-1.411184211
X2-X5	-4.7625	X5-X8	-1.106140351
X2-X6	-10.5125	X5-X9	-0.033333333
X2-X7	-6.173684211	X6-X7	4.338815789
X2-X8	-5.868640351	X6-X8	4.643859649
X2-X9	-4.795833333	X6-X9	5.716666667
X3-X4	1.283333333	X7-X8	0.30504386
X3-X5	3.791666667	X7-X9	1.377850877
X3-X6	-1.958333333	X8-X9	1.072807018

Análisis Estadístico de Tratamientos

	Tratamientos			
	Control	Control	Trat. 1	Trat. 2

	(-)	(+)		
1	14.37	19.00	16.80	19.78
2	9.18	9.05	10.22	10.12
3	19.43	21.17	17.13	15.05
4	17.73	18.62	16.07	15.23
5	12.65	16.53	15.07	13.37
6	20.28	18.05	21.53	20.75
7	11.42	20.62	16.80	14.43
8	14.65	17.18	13.46	16.75
9	15.30	14.58	15.53	12.33

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	9	135.0166667	15.00185185	13.481142
Columna 2	9	154.8	17.2	13.3864583
Columna 3	9	142.6078947	15.84532164	9.24618383
Columna 4	9	137.8114035	15.31237817	11.5171173

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	25.47454847	3	8.491516157	0.71310984	0.551382596	2.901119588
Dentro de los grupos	381.0472113	32	11.90772535			
Total	406.5217598	35				

p es mayor

Por tanto no hay una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados y el vigor de los maíces.