



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE ALIMENTOS

Determinación de la calidad del maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Angela Lissette Mayorga Mayorga

Tutora: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar.

Ambato-Ecuador

Agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 20 de junio del 2024.



Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

0501873954

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angela Lissette Mayorga Mayorga, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Angela Lissette Mayorga Mayorga

1805164066

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Angela Lissette Mayorga Mayorga

1805164066

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Firmado electrónicamente por:
**JOSE HOMERO VARGAS
LOPEZ**

Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**NELLY ESTHER FLORES
TAPIA**

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305



Firmado electrónicamente por:
**MIRARI YOSUNE
ARANCIBIA SORIA**

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

1802142461

Ambato, 02 de agosto de 2024

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN EJECUTIVO	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Maíz	2
1.1.1.1. Características Generales	2
1.1.1.2. Producción de maíz.....	2
1.1.1.3. Importancia del maíz en la dieta de aves	4
1.1.1.4. Almacenamiento y poscosecha	4
1.1.1.5. Calidad del grano de maíz.....	4
1.1.3. Micotoxinas.....	6
1.1.3.1. Presencia de micotoxinas	6
1.1.4. Aflatoxinas.....	7
1.1.4.1. Métodos de análisis.....	7
1.2. Objetivos.....	8
1.2.1. Objetivo general.....	8
1.2.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	9
2.1. Materiales.....	9

2.2. Métodos.....	10
2.2.1. Determinación del porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.....	10
2.2.1.1. Muestreo de los granos de maíz.....	10
2.2.1.2. Contenido de humedad	11
2.2.1.3. Contenido de impurezas.....	11
2.2.1.4. Peso Hectolítrico.....	11
2.2.1.5. Contenido de aflatoxinas.....	12
2.2.2. Construcción de tablas de correlación entre los porcentajes de humedad y aflatoxina del maíz analizado.....	14
2.2.2.1. Tabla de correlación de humedad y presencia de aflatoxina	14
2.2.3. Elaboración de un instructivo poscosecha para ser entregado a los proveedores que presenten baja calidad de maíz.	14
2.2.3.1. Instructivo poscosecha	14
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1. Análisis y discusión	17
3.1.1. Determinar el porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.....	17
3.1.1.1. Muestreo	17
3.1.1.2. Contenido de humedad	17
3.1.1.3. Contenido de impurezas.....	18
3.1.1.4. Peso Hectolítrico.....	19
3.1.1.5. Contenido de aflatoxinas.....	20
3.1.2. Construcción de tablas de correlación entre los porcentajes de humedad y aflatoxina del maíz analizado.....	22
3.1.2.1. Tabla de correlación de humedad y presencia de aflatoxinas.....	22
3.1.3. Elaboración de un instructivo poscosecha para ser entregado a los proveedores que presenten una baja calidad de maíz.....	23

3.1.3.1. Instructivo Poscosecha.....	23
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
4.1. Conclusiones.....	25
4.2. Recomendaciones	25
MATERIALES DE REFERENCIA	26
Referencias bibliográficas.....	26
ANEXOS	1
Anexo A. Instructivo Poscosecha para el manejo adecuado de maíz	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y superficie cosechada de maíz	3
Tabla 2. Área de distintos tipos de maíz sembrada en millones de ha	3
Tabla 3. Recursos Materiales	9
Tabla 4. Límites de detección	12
Tabla 5. Tabla de comparación de humedad y niveles de aflatoxina.....	14
Tabla 6. Porcentaje de humedad en las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.....	18
Tabla 7. Porcentajes de impurezas en las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.....	19
Tabla 8. Peso Hectolitrico de las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.....	20
Tabla 9. Ausencia o presencia de aflatoxinas por el kit comercial	21
Tabla 10. Aflatoxinas por HPLC.....	21
Tabla 11. Correlación entre la humedad y aflatoxinas	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de crecimiento fúngico y localización de la síntesis de micotoxinas	6
Figura 2. Relación entre el porcentaje de humedad y el peso hectolítrico de las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.	20

RESUMEN EJECUTIVO

El maíz es un cereal de gran relevancia a nivel mundial, su uso en la industria alimentaria aumenta cada año. Avícola Mayorga utiliza el maíz como materia prima (10,200 toneladas anualmente) en la elaboración de piensos para aves ponedoras. Este grano puede contaminarse por plagas como hongos e insectos, causando afecciones a la salud de las aves ponedoras y reducir la producción de huevos. Por ello, es importante verificar la calidad del maíz para garantizar la seguridad alimentaria. En el presente estudio se evaluó la calidad del maíz suministrado por los mayores proveedores de Avícola Mayorga, para lo cual se determinó la humedad, impurezas, peso hectolítrico y contenido de aflatoxinas siguiendo las metodologías establecidas en las normas INEN. Además, se evaluó la relación entre el contenido de humedad y la presencia de aflatoxinas. Finalmente se elaboró un instructivo de poscosecha que asegure el correcto manejo y almacenamiento del grano para prevenir su contaminación. Los resultados obtenidos mostraron que las muestras analizadas no presentan aflatoxinas, además el maíz de la muestra 2 (M2) del sector de Santa Elena es el que posee la mejor calidad con una humedad de 13.93 por ciento, contenido de impurezas del 0.84 por ciento, un peso hectolítrico de 81.23 kg/hL, mientras que las muestras 1, 3 y 4 (M1, M3 y M4) de los sectores Mocache, Ventanas y San Rafael respectivamente, presentaron humedades superiores al 14 por ciento, porcentajes de impurezas superiores a los que indica la norma nacional y los niveles de densidad son adecuados.

Palabras Clave: maíz, calidad del maíz, humedad, impurezas, aflatoxinas, peso hectolítrico, Avícola Mayorga.

ABSTRACT

Corn is a cereal of great relevance worldwide, its use in the food industry increases every year. Avícola Mayorga uses corn as raw material (10,200 tons annually) in the production of feed for laying birds. This grain can be contaminated by pests such as fungi and insects, causing health problems for laying birds and reducing egg production. Therefore, it is important to verify the quality of corn to guarantee food safety. In the present study, the quality of the corn supplied by the largest suppliers of Avícola Mayorga was evaluated, for which the humidity, impurities, hectoliter weight and aflatoxin content will be determined following the methodologies established in the INEN standards. Additionally, the relationship between moisture content and the presence of aflatoxins was evaluated. Finally, post-harvest instructions were developed to ensure the correct handling and storage of the grain to prevent its contamination. The results obtained observed that the analyzed samples do not present aflatoxins, in addition the corn of sample 2 (M2) from the Santa Elena sector is the one that has the best quality with a humidity of 13.93 percent, impurity content of 0.84 percent, a hectoliter weight of 81.23 kg/hL, while samples 1, 3 and 4 (M1, M3 and M4) from the Mocache, Ventanas and San Rafael sectors respectively, presented humidity higher than 14 percent, percentages of impurities higher than the that indicates the national standard and the density levels are appropriate.

Keywords: corn, corn quality, humidity, impurities, aflatoxins, hectoliter weight, Avícola Mayorga.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Se prevé que la producción mundial de maíz para el ciclo 2023-2024 alcance los 1222.1 millones de toneladas (Mt), lo que representa un aumento del 5.6% con respecto al ciclo anterior 2022-2023, que registró 1157.2 Mt. Esta cifra se ve impulsada por los principales productores como son Estados Unidos, China y Brasil **(USDA, 2023)**. El maíz es un componente fundamental en la elaboración de piensos destinados para la producción de proteína animal como son los huevos **(Ibarra et al., 2023)**.

Existen varias enfermedades transmitidas por los alimentos, que se producen por ingerir alimentos contaminados por microorganismos o químicos. A nivel global una de cada diez personas se enferma debido al consumo de alimentos contaminados, dando lugar a 420 mil muertes anuales **(Fernández et al., 2021)**. Los animales también poseen enfermedades que afectan la calidad de los productos derivados de ellos, llevando la presencia de contaminantes en dichos productos **(Espinosa-Plascencia & Bermúdez-Almada, 2023)**. Hoy en día, gran cantidad de granjas avícolas producen su balanceado, el cual enfrenta problemas recurrentes debido a la presencia de plagas, lo que conduce a intoxicaciones en los animales **(Guevara, 2021)**. Avícola Mayorga es una industria dedicada a la producción de huevos y genera aproximadamente 22,000 toneladas de piensos anualmente a partir del maíz.

En la actualidad las aflatoxinas son las micotoxinas que causan mayor preocupación en la seguridad alimentaria debido a su presencia en los alimentos y piensos, así como su alta toxicidad; siendo estas generadas por hongos filamentosos que se encuentra en productos agrícolas y diversos alimentos **(Espinosa-Plascencia & Bermúdez-Almada, 2023)**. Se desarrollan en ambientes cálidos y húmedos, por lo que se pueden dar en cultivos como el maíz o durante el almacenamiento de los mismos, la exposición a aflatoxinas por alimentos puede generar cáncer ya que son genotóxicas **(Martínez, 2022)**.

La contaminación por aflatoxinas puede ocurrir en cualquier punto desde la cosecha, recolección, transporte, proceso y almacenamiento, debido a una temperatura y humedad elevadas **(Pinedo et al., 2020)**. Las aflatoxinas comúnmente se integran al sistema digestivo del ave mediante el alimento, produciendo un gran número de decesos y caída en la postura, causando afecciones a la seguridad alimentaria **(Soria, 2013)**. Otra causa de pérdida en la calidad del grano es el ataque de insectos ya que se alimentan del endospermo del grano, es la parte que contiene los nutrientes y aporta mayor peso al mismo, generando daños físicos y creando orificios **(Stathas et al., 2023)**.

En base a lo mencionado anteriormente, se plantea realizar el presente estudio con la finalidad de determinar la calidad del maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.

1.1.1. Maíz

1.1.1.1. Características Generales

El cultivo de la planta de maíz se caracteriza por tener tallos grandes y altos de hasta 6 metros, de este a su vez rebosan las mazorcas, mismas que están recubiertas por hojas, el sistema radicular constituye las raíces de la planta que ayudan a la absorción de nutrientes en el crecimiento y desarrollo, es el sistema de fijación que evita que la planta se llegue a caer. Cada grano de maíz se denomina carióspside el cual contiene el pericarpio que forma la pared del grano y representa entre 5 a 6 % del peso total del grano, a su vez se subdivide en epicarpio, mesocarpio, células cruzadas y células tubulares; el endospermo representa un 80% del peso del grano seco, se considera como la fuente de proteína y almidón; el germen, por otro lado, constituye alrededor del 8 y 12% del peso del grano y está formado por el escutelo y el eje embrionario que se encarga de la alimentación para que pueda germinar (**Sánchez & Pérez, 2014**).

Entre los distintos tipos de maíz existe variabilidad en cuanto al color, composición y forma. Desde el punto de vista económico, las variedades con mayor relevancia son el duro, dentado y harinoso; el maíz duro posee en su endospermo mayor cantidad de almidón duro en comparación al almidón blando que se encuentra en poca cantidad en el centro del grano, posee mejor geminación que los otros tipos de maíz, se desarrolla en suelos fríos y húmedos; el maíz dentado contiene en su endospermo mayormente almidón blando, mientras que el almidón duro se encuentra solamente a los lados del grano, al iniciar el proceso de secado, el almidón blando de la parte superior del grano se contrae, creando una pequeña hendidura que da la apariencia de un diente, además suele ser más vulnerable a los hongos e insectos y requiere un tiempo más prolongado para su secado en comparación con los tipos de maíz que tienen granos de endospermo duros; el maíz harinoso posee su endospermo de almidón muy blando por lo que se pudren con mayor rapidez, su rendimiento es menor que el maíz dentado y duro (**Paliwal, 2001**).

El maíz duro de la especie *Zea mays L.* es el más producida y consumida en el mundo, es un cereal de gran importancia económica, se produce a gran escala con el fin de realizar alimentos para consumo humano y animal puesto que de él se derivan varios productos (**Guamán Guamán et al., 2020**).

1.1.1.2. Producción de maíz

En Ecuador el maíz es el principal cultivo, ya que en 2021 se produjeron 1.38 millones de toneladas, de las cuales el 80% corresponde a maíz duro y el 20% a maíz suave (**Zambrano Mendoza & Caviedes C., 2022**).

En el año 2020, la extensión de terreno destinada a la cosecha de maíz en Ecuador totalizó 355.913 hectáreas. La provincia de Los Ríos lideró la producción a nivel nacional, abarcando el 47% del total, seguida por Manabí con el 21% y Guayas con el 18% (**Corporación Financiera Nacional, 2021**).

Tabla 1.

Producción y superficie cosechada de maíz

Año	Provincias	Superficie Cosechada (ha)	Producción (Tm.)	Rendimiento (Tm/ha)	Porcentaje Nacional
2020	Los Ríos	144.109	642.761	4.5	47%
	Manabí	90.749	280.757	3.1	21%
	Guayas	55.511	247.712	4.5	18%
	Loja	21.246	61.094	2.9	4%
	Resto de Provincias	44.297	126.302	2.9	9%
	Total	355.913	1,358.626	3.8	100%

Nota: Adaptado de **Corporación Financiera Nacional (2021)**.

El área sembrada según los distintos tipos de maíz es:

Tabla 2.

Área de distintos tipos de maíz sembrada en millones de ha

Tipo de Maíz	Área sembrada (millones de ha)
Amarillo duro	20.0
Amarillo dentado	9.5
Blanco duro	12.5
Blanco dentado	19.0
Harinoso y Morocho	0.6

Reventón, dulce y ceroso	Muy limitado
--------------------------	--------------

Nota: Información obtenida de **Paliwal (2001)**.

1.1.1.3. Importancia del maíz en la dieta de aves

En el sector avícola, la alimentación desempeña un papel crucial, ya que incide directamente en el rendimiento de las aves, por ende, en la salud humana. En consecuencia, en los últimos años, se ha enfatizado en la calidad de los alimentos destinados a las aves, como parte integral de las medidas de seguridad alimentaria **(Martínez Mena & García Mendoza, 2021)**.

Una buena dieta necesita de insumos y materia prima de calidad, que tengan alto valor nutricional, es decir, apropiada composición química y contenido de nutrientes, además la materia prima debe ser inocua mediante apropiadas condiciones de cultivo, cosecha y poscosecha; el maíz no debe contener impurezas u otros daños ya que al momento de su almacenamiento puede causar su deterioro y crear el medio perfecto para la formación de toxinas, lo que perjudicaría al producto final **(Aguillón Páez, 2020)**.

1.1.1.4. Almacenamiento y poscosecha

El maíz es considerado un cereal exigente en su manejo de poscosecha ya que requiere de temperatura y humedad óptimas de almacenamiento, caso contrario desarrolla hongos y plagas que conllevan a la baja calidad y pérdida de producción. Para el almacenamiento, la humedad no debe ser mayor a 13 %, por lo que se recomienda secar después de la cosecha **(Hidalgo Acosta, 2022)**.

En la poscosecha se debe realizar la limpieza del grano de tal forma que se evite el rápido deterioro, seguido del secado para disminuir el porcentaje de humedad, riesgo de contaminación y germinación del grano, en lo posible se evita usar químicos por el riesgo que representa al ambiente y en la salud **(Deras Flores, 2020)**.

1.1.1.5. Calidad del grano de maíz

Es importante conocer la calidad del grano de maíz ya que juega un papel fundamental en el éxito de las actividades agrícolas, impactando en el rendimiento en la producción agrícola puesto que un grano de calidad posee altas tasas de germinación, lo que conduce a tener mayor cantidad de plántulas, esta característica se asocia directamente en el aprovechamiento del área de siembra y por consiguiente en un mejor rendimiento final, además cuando el grano es de buena calidad generalmente poseen mayor resistencia a plagas y enfermedades bacterianas o fúngicas, lo que reduce la frecuencia de uso de pesticidas o agentes químicos **(CIMMYT, 2017)**.

El valor nutricional del grano de maíz va de la mano con su calidad, **INTAGRI (2018)** menciona que el maíz de alta calidad sobresale por poseer características nutricionales superiores que, al momento de ser procesado, lo convierten en un alimento beneficioso para la salud humana o animal, semas presentan una mayor concentración de proteínas, vitaminas y minerales. El maíz es una fuente importante de proteínas, si el grano posee gran cantidad de proteínas implica el aporte de aminoácidos esenciales para el organismo, este grano posee vitaminas como la niacina, tiamina y ácido fólico, esenciales en el metabolismo energético. La calidad del grano de maíz también guarda relación con la seguridad alimentaria ya que si son de buena calidad tienen menos probabilidades de poseer toxinas como las micotoxinas que son perjudiciales para la salud.

Los granos de maíz de alta calidad suelen alcanzar precios más elevados en el mercado gracias a sus características superiores, como un mayor contenido de nutrientes, mejor rendimiento en la molienda y niveles más bajos de toxinas. Esto resulta en un beneficio económico directo para los productores, quienes obtienen una mayor compensación por sus cosechas. La calidad del grano es esencial para la competitividad del maíz en el mercado internacional, particularmente aquellos con estándares de calidad elevados, buscan granos que cumplan con ciertas especificaciones. El maíz de alta calidad tiene una mayor probabilidad de cumplir con estos requisitos, haciéndolo más atractivo para la exportación y aumentando su valor comercial (**Narro et al., 2022**).

García (2018) menciona que la calidad del maíz se puede evaluar desde los siguientes aspectos:

Peso Hectolítrico

Es una medida de densidad del grano la cual se asocia directamente a la calidad del grano ya que, si posee un peso hectolítrico más alto, los granos son de mejor calidad por ser más pesados.

Contenido de humedad

Toma importancia en la calidad ya que, si el contenido de humedad es alto provoca la proliferación de microorganismos, por otro lado, si es muy bajo provoca quebraduras en el grano y genera mayor daño mecánico.

Impurezas

Las impurezas de los granos se derivan del daño mecánico o de materiales extraños que se mezclan con el maíz durante la cosecha.

Insectos

Los granos se vuelven más vulnerables a los insectos cuando sufren impactos que les produce grietas, esta plaga ocasiona que baje la densidad del grano puesto que se alimentan del endospermo y reduce la materia nutritiva del maíz.

1.1.3. Micotoxinas

Las micotoxinas son sustancias producidas por hongos que, al ser consumidas, inhaladas o al entrar en contacto con la piel, producen efectos nocivos en humanos o animales debido a que causan cáncer, problemas gastrointestinales, reproductivos, en el sistema inmune, entre otros. Son productos de peso molecular reducido que surgen mayormente al final de la etapa de crecimiento exponencial (ver Figura 1) o al comienzo de la etapa estacionaria de los hongos, existen varios tipos de micotoxinas como son las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, entre otros. La producción de micotoxinas depende de la actividad de agua, exposición a radiación y temperatura (A. J. Ramos et al., 2023).

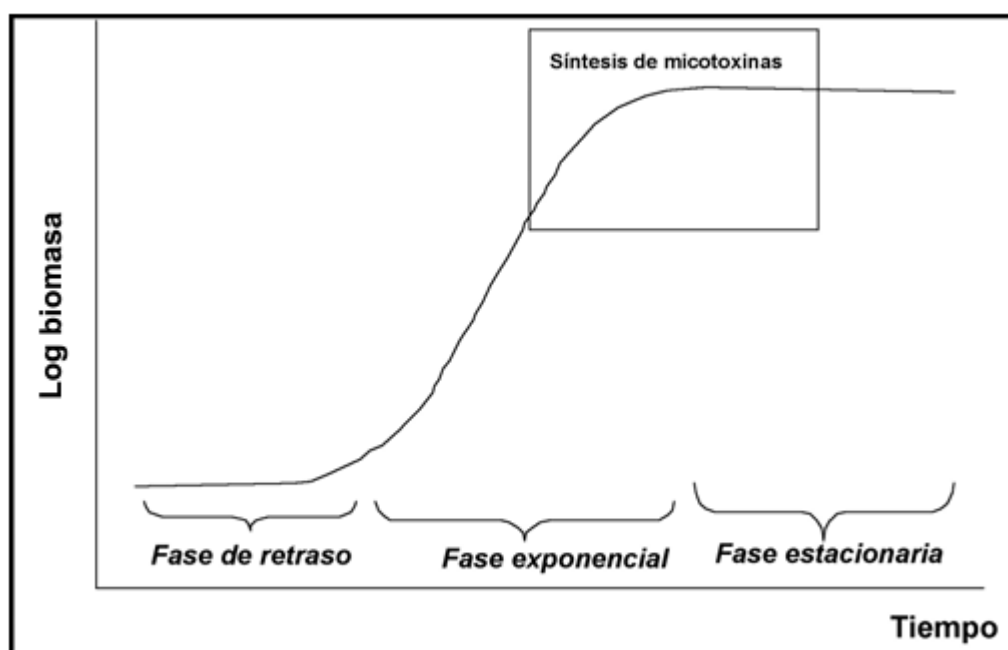


Figura 1. Fases de crecimiento fúngico y localización de la síntesis de micotoxinas

Nota: En la fase exponencial del crecimiento fúngico comienza la síntesis de micotoxinas. Recuperado de Soriano del Castillo (2007).

1.1.3.1. Presencia de micotoxinas

Las micotoxinas tienen la capacidad de contaminar tanto los alimentos como los piensos, dando lugar a un conjunto de enfermedades y alteraciones conocidas como micotoxicosis, las cuales resultan perjudiciales para los seres humanos y los animales debido a su toxicidad. La micotoxicosis se da de forma directa al consumir alimentos contaminados con micotoxinas (micotoxicosis primaria) o indirecta

al consumir productos de origen animal derivados de animales que hayan ingerido alimentos contaminados (micotoxicosis secundaria), por ello es de suma importancia fijar puntos de control con el fin de evitar esta contaminación y poner en riesgo la inocuidad y seguridad alimentaria **(Pérez Pérez, 2022)**.

Las micotoxinas son consideradas la principal amenaza en el maíz ya que se pueden formar en cualquier etapa del cultivo o en la poscosecha. Además de afectar en el desarrollo del grano también causa afecciones a la salud tanto humana como animal al momento que se llegue a consumir alimentos contaminados por micotoxinas **(Franco Valbuena, 2023)**.

1.1.4. Aflatoxinas

Las aflatoxinas pertenecen al grupo de micotoxinas producidas por los hongos de género *Aspergillus* como *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius* y *A. pseudonomius*. Existen varios tipos de aflatoxinas de las cuales sobresalen las B1, B2, G1 y G2. B1 y B2 son generados por *A. flavus*, entre estas dos cepas la B1 se considera como la de mayor riesgo y que tiene un elevado valor carcinogénico (Agurto Padilla, 2023). El nivel de toxicidad y capacidad carcinogénica de las aflatoxinas se clasifica de la siguiente manera: B1 es mayor que G1, luego sigue B2 y finalmente G2 **(AESAN, 2021)**.

1.1.4.1. Métodos de análisis

La detección de aflatoxinas en matrices alimentarias es importante para guardar la inocuidad del producto alimenticio, los cereales son los afectados con más frecuencia. Se usan imágenes hiperespectrales con el fin de clasificar los granos contaminados después de la recepción, de esta forma no se destruyen otros granos en buen estado y se evita la contaminación posterior **(A. J. Ramos et al., 2023)**.

Los ensayos practicados para cuantificarlas son los enzimáticos y pruebas rápidas como veratox/ELISA, fluorométrico o también conocido como lámpara negra, reveal y ridaQuick, sin embargo la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) es el mejor método de análisis cuantitativo **(Sanabria et al., 2017)**. **Barragán Quishpe & Montes Estellés (2020)** corroboran que el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) junto con detección de fluorescencia (FL) es selectivo y sensible.

HPLC

Permite separar componentes encontrados en una mezcla, sus aplicaciones son numerosas y están relacionadas a prácticas de laboratorio, usa una separación cromatográfica de los compuestos de una muestra y para su identificación usa un detector específico. El HPLC está compuesto por dos fases, una estacionaria que representa la columna y una móvil que se desplaza por la columna, la velocidad de los analitos va a depender del grado de solubilidad con la fase estacionaria **(Moldoveanu & David, 2022)**.

El estudio de **Castro Demera (2020)** indica que el análisis por HPLC para aflatoxinas en maíz es válido para detectar aflatoxinas del tipo B1 y B2 en el grano.

Se pueden emplear dos detectores ampliamente utilizados: el detector de fluorescencia y el detector de UV. El detector de UV muestra una menor selectividad ya que varias micotoxinas absorben a la misma longitud de onda que otras moléculas, lo que puede interferir en el análisis (**Bellver, 2013**).

Kit Aflacard Total

Su principio es la tecnología de anticuerpos monoclonales, lo cual brinda sensibilidad, rapidez y sencillez al método. Funciona de tal manera que las aflatoxinas se extraen de la muestra, se filtran y atraviesan la columna para aplicarse a las tarjetas, una vez que en la tarjeta se muestre un color violeta en el sitio de control dará a conocer que la prueba es totalmente válida. Este kit detectará aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 (**r-biopharm, 2024**).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la calidad del maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.
- Construir tablas de correlación entre los porcentajes de humedad y aflatoxina del maíz analizado.
- Elaborar un instructivo poscosecha para ser entregado a los proveedores que presenten una baja calidad de maíz.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Materiales

El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, así como en las instalaciones de Avícola Mayorga. Se presentan en la Tabla 3 los materiales empleados.

Tabla 3.

Recursos Materiales

Material	Cantidad
Materia Prima	
Maíz	9000 g
Material Fungible	
Papel filtro	8
Puntas de micropipeta	15
Envases herméticos	12
Cartuchos HPLC	12
Reactivos	
Metanol	11 ml
Cloruro de Sodio	2 g
Solución PBS	25 ml
n-hexano	5 ml
Ácido acetonitrilo	20 ml
Ácido trifluoroacético	5 ml
Kit aflacard total	1
Materiales de Laboratorio	
Probeta	1
Columnas de fase reversa	1

Equipos de Laboratorio	
Balanza Analítica	1
Sonda de alveolos	1
Criba	2
Plantium H10-A	1
Licuada	1
HPLC-FLD	1
Centrífuga	1

2.2. Métodos

2.2.1. Determinación del porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.

2.2.1.1. Muestreo de los granos de maíz

Se realizó la colección de las muestras de maíz suministrado por los principales proveedores de Avícola Mayorga, para lo cual, el criterio de selección fue el volumen de compra del maíz, mismos que provienen de distintas localidades: Mocache, Santa Elena, Ventanas y San Rafael, cantones de las provincias de Los Ríos y Santa Elena. El muestreo de los granos de maíz se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 1233:95 con pequeños cambios, para lo cual las muestras se colectaron antes de la descarga del camión (a granel) de 5 distintos puntos y profundidades, con una sonda de alveolos. Las muestras elementales tomadas pasaron a una homogenización y a formar parte de la muestra global, luego se realizó una reducción por cuarteo, la cual consistió en tomar la muestra global para dividirla en 4 partes iguales, de las cuales dos fueron eliminadas de forma diagonal y las otras dos nuevamente se mezclaron. Este proceso se repitió hasta que se obtuvo una muestra reducida de 3000 gramos, se dividió en 3 partes iguales para los análisis.

Las muestras fueron rotuladas y selladas herméticamente en un envase plástico limpio y seco. De forma que las muestras fueron rotuladas de la siguiente manera:

- Mocache: M1, (05/04/2024)
- Santa Elena: M2, (08/04/2024)
- Ventanas: M3, (15/04/2024)

- San Rafael: M4, (19/04/2024)

2.2.1.2. Contenido de humedad

La humedad se determinó siguiendo la metodología de **Agroscopio (n.d.)**, para lo cual se utilizó el equipo Plantium H10-A, consistió en llenar el compartimento del equipo con el grano de maíz de la muestra M1, se colocó la tapa, se selló y se esperó la medida de humedad. Este proceso se repitió para las muestras M2, M3 y M4.

Se realizó una comparación de los resultados con la Normativa NTE INEN 187 de cereales y leguminosas. Maíz en grano. Requisitos. Además, se realizó un análisis estadístico que permitió indicar si los resultados eran o no estadísticamente iguales o distintos.

2.2.1.3. Contenido de impurezas

El porcentaje de impurezas fue evaluado de acuerdo con lo establecido por **Reyes (2024)** con algunas variaciones, se pesó 500 g de cada muestra del grano de maíz (M1,M2,M3 y M4), se colocó en una criba con perforaciones de 4.75 mm de diámetro, debajo fue otra criba con perforaciones de 2.36 mm, y al final una base la retención de las impurezas menores. Se pesaron las impurezas en gramos y se expresó en porcentaje aplicando la ecuación 1:

$$\% \text{ Impurezas} = \frac{\text{Peso de las impurezas}(g)}{\text{Peso de la muestra}(g)} * 100 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Además, se realizó un análisis estadístico que permitió indicar si los resultados eran o no estadísticamente iguales o distintos.

2.2.1.4. Peso Hectolítrico

El peso hectolítrico (PH) es la densidad aparente que posee el grano, relaciona la masa y el volumen del grano. El PH puede llegar a disminuir con la presencia de insectos en el grano puesto que esta plaga llega a consumir el endospermo del grano, provocando que la masa disminuya (**Stathas et al., 2023**). Para su cálculo, cada muestra del maíz libre de impurezas se pesó, se colocó la muestra en una probeta graduada de 1 L (0.01 hL) y se expresó en kg/hL, el procedimiento utilizado fue el reportado por **Ponce (2019)** y se aplicó la ecuación 2.

$$\text{Peso Hectolítrico} = \frac{\text{peso}(kg)}{\text{volumen}(hL)} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Además, se realizó un análisis estadístico que permitió indicar si los resultados son o no estadísticamente iguales o distintos.

2.2.1.5. Contenido de aflatoxinas

Método cualitativo

Para la determinación de aflatoxinas de manera cualitativa se usó el kit Aflacard Total, se siguió la metodología establecida por **r-biopharm (2024)**. Cada muestra se analizó por triplicado, el procedimiento se explica a continuación.

Preparación de las muestras

Las muestras fueron preparadas siguiendo la metodología de **r-biopharm (2024)**, para lo cual se trituró cada muestra (M1,M2,M3 y M4), se pesó 50 g de muestra molida y se añadió 100 mL de metanol al 80% de grado HPLC, se mezcló durante 2 minutos en una licuadora resistente a disolventes a alta velocidad, se filtró por un papel filtro Whatman No. 4, para obtener un volumen mínimo de filtrado de 10 mL.

Procedimiento de limpieza y dilución

Siguiendo las indicaciones del kit comercial, dependiendo del volumen de detección requerido según se muestra en la Tabla 4, se agrega el volumen del filtrado al volumen de metanol 80%. En este caso el nivel de detección requerido fue 2ppb, por lo que no se agregó metanol, entonces se añadió 1 mL del filtrado a uno de los viales que contenía el tampón diluyente de la muestra y se mezcló por inversión. Se pasó el contenido del vial a través de la columna SPE suministrada en el kit.

Tabla 4.

Límites de detección

Volúmenes de Dilución									
Nivel requerido de detección	2 ppb	4 ppb	5 ppb	8 ppb	10 ppb	12 ppb	15 ppb	20 ppb	30 ppb
Volumen de filtrado requerido	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL	1 mL	0.5 mL
Volumen de metanol: agua (80:20 v/v)	0 mL	1 mL	1.5 mL	3 mL	4 mL	5 mL	6.5 mL	9 mL	7 mL

Nota: Información obtenida de **r-biopharm (2024)**.

Determinación de la presencia de aflatoxina (Aflacard Total)

Se aplicaron 500 µL de la muestra limpia en el puerto de la placa suministrada en el kit, se dejó pasar a través de la membrana, entonces se aplicó 100 µL del “conjugado listo para usar”, reactivo que contiene el kit, una vez que el conjugado pasó por la membrana se añadió 100 µL de tampón de lavado. Se aplicó 100 µL de sustrato a la membrana y se dejó actuar por 5 minutos hasta que se desarrolló el color, pasado el tiempo se aplicó 100 µL de solución de parada, el resultado apareció inmediatamente siendo negativo dos marcas y positivo una.

Método cuantitativo de determinación de aflatoxinas

Para la determinación del contenido de aflatoxinas de manera cuantitativa se usó la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) junto con un detector de fluorescencia, se siguió la metodología del **Laboratorio de Alimentos y Nutrición (2021)** del Departamento de Biociencia de la Universidad de Cuenca junto con la establecida por la INEN ISO 16050, para lo cual se realizó una extracción, purificación, derivatización y cuantificación explicada a continuación.

Extracción

Se pesó la muestra, en este caso fue el maíz molido, se añadió una solución de metanol: agua (80:20 v/v), se agitó durante 60 segundos con la mano. Después se adicionó 2g de NaCl y se agitó manualmente por 60 segundos, seguido se sometió a agitación horizontal durante 10 minutos a 300 rpm, se filtró con un papel filtro Whatman N°4 y se centrifugó durante 10 minutos a 5000 rpm. Del filtrado se tomó una alícuota y se diluyó con 25 ml de solución buffer fosfato salino (PBS), se agitó vigorosamente.

Purificación de la muestra

La muestra que fue diluida en la solución buffer fosfato salino se purificó en cartuchos de inmunoafinidad a flujo constante de 1 mL/min.

El cartucho fue lavado con solución buffer fosfato salino seguido se añadió el volumen del filtrado de la muestra (30 mL), después se lavó el cartucho con 10 mL de PBS seguido de 10 mL de agua a flujo constante. Las toxinas eluyeron con 1 mL de metanol. El eluido se disolvió con 0.5 mL de agua (misma que se usa para lavar el cartucho) a un flujo de 1 mL/min. Finalmente, el extracto se secó con nitrógeno.

Derivatización

El extracto secado se disolvió con n-hexano y ácido trifluoroacético y se agitó durante 30 segundos en un vórtex, el derivatizado se secó con nitrógeno y se conservó hasta el análisis a 4°C.

La muestra se reconstituyó con acetonitrilo/agua (1:1 v/v), en un baño ultrasónico, se homogenizó por 10 minutos a 30°C, la muestra se filtró (filtro de membrana PVDF 0.45 µm) antes de HPLC.

Cuantificación por HPLC-FLD

La cuantificación e identificación se realizó en un sistema HPLC (Agilent technologies 1200 series), con un detector de fluorescencia.

La separación se realizó usando una columna de fase reversa C18 (250 mm x 4.6 mm x 5µm) (Agilent Technologies). La fase móvil fue formada por una mezcla de agua/ metanol/ ácido (89:10:1 v/v/v). La detección de fluorescencia se realizó a 365 nm (excitación), 455 nm (emisión de AFG2 y AFB2) y 432 nm (emisión de AFG1 y AFB1). Se inyectó el extracto derivatizado a 5 µL.

2.2.2. Construcción de tablas de correlación entre los porcentajes de humedad y aflatoxina del maíz analizado.

2.2.2.1. Tabla de correlación de humedad y presencia de aflatoxina

Se elaboró una tabla en la que se comparó la humedad y el nivel de aflatoxina de cada muestra, siguiendo el formato de la Tabla 5.

Tabla 5.

Tabla de comparación de humedad y niveles de aflatoxina

Muestra	% humedad	Aflatoxinas por el kit (+ ó -)
1		
2		
3		
4		

2.2.3. Elaboración de un instructivo poscosecha para ser entregado a los proveedores que presenten baja calidad de maíz.

2.2.3.1. Instructivo poscosecha

Se elaboró un instructivo poscosecha, tomando en cuenta todos los resultados obtenidos, además se tomaron en cuenta las Normas INEN que se relacionaron con la calidad del cereal como es NTE INEN 187 de cereales y leguminosas. Maíz en grano.

La estructura del instructivo es el siguiente:

1.Introducción

2.Alcance

3.Generalidades

3.1. Respiración de los granos

3.1.1. Temperatura

3.1.2. Humedad

3.1.3. Concentración de Oxígeno

3.1.4. Estado del Grano

3.1.5. Condiciones de Almacenamiento

3.1.6. Presencia de Patógenos

3.2. Parámetros de control

3.2.1. Humedad

3.2.2. Humedad Relativa de Equilibrio

3.2.3. Tiempo de almacenamiento y temperatura

3.3. Plagas

3.3.1. Plagas del Suelo

3.3.2. Plagas del follaje

3.3.3. Plagas de la mazorca

3.3.4. Roedores

3.4. Hongos

3.4.1. Hongos de Campo

3.4.1.1. *Fusarium* spp.

3.4.1.2. *Stenocarpella maydis*

3.4.1.3. *Cercospora zea maydis*

3.4.1.4. *Colletotrichum graminicola*

3.4.1.5. *Ustilago maydis*

3.4.1.6. *Cladosporium herbarum*

3.4.2. Hongos de Almacenamiento

3.4.2.1. *Aspergillus* spp.

3.4.2.2. *Penicillium* spp.

4.Procedimiento de poscosecha

4.1. Previo a la cosecha

4.2. Recepción del grano

4.3. Limpieza

4.4. Secado

4.4.1. Secado al aire libre

4.4.2. Secadoras de flujo continuo

4.4.3. Secadoras de Lotes

4.4.4. Secadoras de aire forzado

4.4.5. Secadoras Solares

4.4.6. Secadoras de torre

4.4.7. Secado en lecho fluidizado

4.5. Aireación

4.6. Almacenamiento

4.7. Monitoreo del grano almacenado

5.Referencia

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión

3.1.1. Determinar el porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en el maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga

3.1.1.1. Muestreo

El muestreo de los granos de maíz es el proceso en el que se obtiene una porción representativa de un lote, se utiliza con el fin de asegurar la calidad del producto mediante la detección de agentes contaminantes, control de humedad, peso específico, presencia de plagas, entre otros; la información obtenida a través del muestreo permite tomar decisiones en la cadena del maíz, un mal muestreo puede perjudicar el resultado de los datos, generando consecuencias negativas en el almacenamiento (**Pinto et al., 2023**). En este estudio el muestreo se realizó siguiendo la normativa técnica ecuatoriana con el fin de determinar la calidad del maíz mediante el porcentaje de humedad, impurezas, peso hectolítrico y aflatoxinas.

3.1.1.2. Contenido de humedad

Los resultados de la determinación del porcentaje de humedad de las distintas muestras se presentan en la Tabla 6, se observa el mayor porcentaje de humedad en la muestra 4 (M4) con 14.63 % y la muestra de maíz con menor porcentaje fue del sector de Santa Elena (M2) con 13.93 %. La Norma INEN 187 para el maíz en grano menciona los requisitos físicos del maíz, donde la humedad máxima que debe tener el grano al momento de la recepción es del 13%, según este requerimiento todas las muestras de maíz analizadas exceden el grado de humedad requerido. Sin embargo, **Ramos (2020)** coordinador de poscosecha y plataformas de investigación del Hub Chiapas del CIMMYT menciona que el porcentaje máximo de humedad debe ser del 14% para que el maíz pueda ser comercializado, bajo este criterio el maíz de las muestras M1, M3 y M4 no deberían comercializarse debido al exceso de humedad. El estudio realizado por **Castro Demera (2020)** en el sector de Mocache y Ventanas indica un ligero aumento del porcentaje de humedad en comparación con las humedades obtenidas en el presente estudio. Las diferencias pueden deberse a la falta de control en el proceso de secado poscosecha.

Según **Tamayo & Terán (2018)**, si el grado de humedad del grano excede el 13%, tiene probabilidad de contraer enfermedades microbianas, hongos y plagas, además conlleva al deterioro del grano ya que son susceptibles a la descomposición por la actividad microbiana que trae la humedad, existen también problemas al momento de almacenar el grano ya que llegan a compactarse y obstaculizar la ventilación. El que las muestras presenten porcentajes de humedad altos se puede deber a las malas prácticas de cosecha, especialmente cuando el grano se ha cosechado de forma mecánica ya que se mezcla con más

materiales extraños lo que genera que no exista un espacio intergranal para la circulación del aire (García, 2018).

Tabla 6.

Porcentaje de humedad en las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga

Muestra	% Humedad
M1	14.07 $\pm$ 0.058 ^a
M2	13.93 $\pm$ 0.058 ^a
M3	14.27 $\pm$ 0.058 ^b
M4	14.63 $\pm$ 0.058 ^c

Nota: El análisis de humedad de las muestras se realizó por triplicado. Letras diferentes indican grupos estadísticamente distintos.

3.1.1.3. Contenido de impurezas

García (2018) menciona que las impurezas poseen un elevado contenido de microorganismos del entorno y generalmente tienen una mayor humedad que los granos de maíz, lo que facilita su deterioro, además, ocupan el espacio entre los granos, obstruyendo la circulación de aire y la penetración de fumigantes necesarios para proteger el maíz, acelerando así su deterioro durante el almacenamiento. Según la Norma INEN 187 maíz en grano en los requisitos físicos del maíz, el máximo porcentaje de materias orgánicas extrañas permisible es de hasta 1.5%. En la Tabla 7 se muestra los porcentajes de impurezas obtenidos a partir de las muestras suministradas por los proveedores de Avícola Mayorga, en la cual, la muestra M2 cumple este requerimiento, mientras que las demás muestras exceden el porcentaje requerido y provocan una pérdida de calidad del maíz.

Las condiciones climáticas durante la cosecha afectan en el aumento de impurezas ya que si el campo se encuentra muy seco, el polvo puede levantarse con facilidad y adherirse a los granos, además, las malas prácticas en la poscosecha influyen en el secado y almacenamiento puesto que si el grano no se limpia previo al almacenamiento, se produce una acumulación de materiales extraños (**Velázquez, 2021**).

Tabla 7.

Porcentajes de impurezas en las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga

Muestra	% Impurezas
M1	3.30 ± 0.105 ^a
M2	0.99 ± 0.140 ^b
M3	5.07 ± 0.114 ^c
M4	2.82 ± 0.176 ^d

Nota: El análisis de impurezas en las muestras se realizó por triplicado. Letras distintas muestran desigualdad estadística entre los grupos.

3.1.1.4. Peso Hectolítrico

Los resultados del cálculo del peso hectolítrico de las muestras analizadas se visualizan en la Tabla 8. En general los pesos hectolítricos de las muestras analizadas son altos comparados con aquellos reportados por **Incremona et al. (2021)**, resaltando la muestra 2 (M2) con un valor de 81.23 kg/hL, mientras que el menor valor de 76.50 kg/hL lo obtuvo la muestra 4 (M4). De acuerdo con lo establecido por la **Cámara Arbitral De Cereales (2015)**, en la norma de calidad para la comercialización de maíz duro, un grano de grado 1 tiene un peso hectolítrico mínimo de 75 kg/hL, lo que indica que todas las muestras de maíz poseen una densidad adecuada para ser comercializadas. En el estudio realizado por **Sigcha (2017)**, el maíz cosechado en Orellana muestra valores similares de peso hectolítrico al mostrado en este estudio, manifestando que las muestras de maíz en este aspecto poseen una buena calidad, valor comercial y buen rendimiento. **Palacios-Rojas (2018)** indica que el valor del peso hectolítrico también depende de la cantidad de proteína presente en el grano, los granos con mayor contenido de proteína son más pesados. En la investigación reportada por **Rivera et al. (2014)** menciona que mientras se lleva a cabo el proceso de secado del grano de maíz, el peso hectolítrico tiende a aumentar, sin embargo, dependerá de ciertos factores como el porcentaje de granos que han sufrido daño mecánico, y el nivel de humedad inicial en comparación al final después del secado, es decir, mientras mayor sea la diferencia, mayor peso hectolítrico tendrá.

La Figura 2 muestra la relación entre humedad y el peso hectolítrico, donde se puede observar que mientras el grado de humedad aumenta, la densidad disminuye debido a que los granos con más humedad pueden volverse más hinchados y menos densos (**Mahanna, 2012**).

Tabla 8.

Peso Hectolítico de las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga

Muestra	Peso Hectolítico (kg/hL)
M1	79.43 $\pm$ 0.058 ^a
M2	81.23 $\pm$ 0.058 ^b
M3	79.40 $\pm$ 0.00 ^a
M4	76.50 $\pm$ 0.00 ^c

Nota: El análisis de peso hectolítico en las muestras se realizó por triplicado. Letras iguales indican grupos estadísticamente iguales.

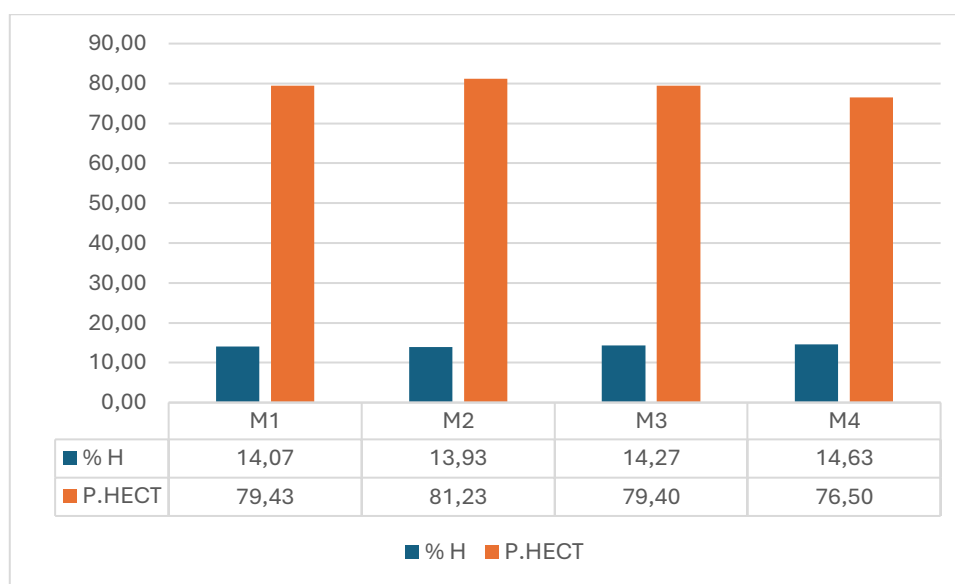


Figura 2. Relación entre el porcentaje de humedad y el peso hectolítico de las muestras de maíz suministrado por los proveedores de Avícola Mayorga.

Nota: El peso hectolítico es mayor cuando la humedad es menor.

3.1.1.5. Contenido de aflatoxinas

Agurto Padilla (2023) menciona que las aflatoxinas producidas por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* son las que se presentan con mayor frecuencia en el maíz y sus efectos son nocivos para quienes las consuman puesto que causan cáncer. En la Tabla 9, se muestra la presencia o ausencia de

aflatoxinas analizadas por el kit comercial, todas las muestras de maíz presentaron ausencia de aflatoxinas, lo que indica que el maíz analizado de cada muestra no contiene niveles detectables de aflatoxinas y no muestra riesgo para salud animal o humana. En el estudio realizado por **Sandoval (2013)** en el que determina cuantitativamente (mediante HPLC) los niveles de aflatoxinas en el maíz, halló concentraciones que se encuentran acorde a la norma que rige en EE.UU y la Unión Europea, dichas concentraciones son bajas (6.56 µg/Kg), puesto que la U.E. permite hasta 8µg/Kg. Lo mencionado sugiere realizar el estudio por un método cuantitativo para corroborar la ausencia de aflatoxinas en las muestras de maíz.

Tabla 9.

Ausencia o presencia de aflatoxinas por el kit comercial

Muestra	Aflatoxinas por el kit (+ ó -)
M1	—
M2	—
M3	—
M4	—

Nota: El análisis de aflatoxinas por el kit comercial de las muestras de maíz se realizó por triplicado

En la Tabla 10, se muestra la determinación de aflatoxinas por el método cuantitativo HPLC, se analizaron las cuatro aflatoxinas que pueden estar presentes en el maíz, siendo todos los resultados obtenidos ND (no detectado). **Sandoval (2013)** menciona que el HPLC es una técnica que separa, identifica y cuantifica los componentes presentes en un cuerpo y en aflatoxinas este método ofrece alta sensibilidad y especificidad. Es por ello que se corroboró la ausencia de aflatoxinas por este método.

Tabla 10.

Aflatoxinas por HPLC

Muestra	Aflatoxina B1 (µg/Kg)	Aflatoxina B2 (µg/Kg)	Aflatoxina G1 (µg/Kg)	Aflatoxina G2 (µg/Kg)
M1	ND	ND	ND	ND
M2	ND	ND	ND	ND

M3	ND	ND	ND	ND
M4	ND	ND	ND	ND

Nota: El análisis de aflatoxinas de las muestras de maíz por el método cuantitativo HPLC, se realizó por triplicado. Donde ND es no detectado.

3.1.2. Construcción de tablas de correlación entre los porcentajes de humedad y aflatoxina del maíz analizado.

3.1.2.1. Tabla de correlación de humedad y presencia de aflatoxinas

La relación que existe entre la humedad y las aflatoxinas es directa, ya que la humedad es el factor más crítico que influye en el crecimiento de los hongos del género *Aspergillus* (Martínez, 2022). La Tabla 11 muestra la correlación existente entre la humedad y las aflatoxinas de las muestras de maíz analizadas, revelando que los porcentajes de humedad indicados fueron suficientes para evitar desarrollar un ambiente apto para el crecimiento de las aflatoxinas en todas las muestras. En el estudio realizado por Castro Demera (2020) reporta la presencia de aflatoxinas en muestras de maíz con porcentajes de humedades superiores a los indicados en el presente estudio, confirmando los resultados obtenidos.

Tax Sapon et al. (2019) mencionan que para que se desarrollen estos hongos el mínimo de humedad que debe tener el grano es del 15% y las humedades relativas de almacenamiento deben ser superiores al 70% HR. Todo lo mencionado da a entender que no se desarrollaron aflatoxinas porque el maíz no tenía los niveles de humedad óptimos para el crecimiento, es decir las condiciones de almacenamiento son correctos, aunque no se controlen.

Tabla 11.

Correlación entre la humedad y aflatoxinas

Muestra	% Humedad	Aflatoxinas por el kit (+ ó -)
1	14.07 ± 0.058 ^a	—
2	13.93 ± 0.058 ^a	—
3	14.27 ± 0.058 ^b	—

Nota: Se presenta la correlación entre la humedad y aflatoxinas por el kit de cada muestra

3.1.3. Elaboración de un instructivo poscosecha para ser entregado a los proveedores que presenten una baja calidad de maíz.

La elaboración de un instructivo poscosecha para proveedores de maíz es una iniciativa para garantizar la calidad y seguridad del grano, desde la recepción hasta su almacenamiento. La poscosecha representa una etapa crítica en la cadena de producción agrícola, su adecuada gestión asegura la integridad del maíz destinado al consumo animal (**Yimer, 2022**).

3.1.3.1. Instructivo Poscosecha

El instructivo Poscosecha contiene el siguiente formato, se lo visualiza en el Anexo A.

ÍNDICE

1.Introducción

2.Alcance

3.Generalidades

3.1. Respiración de los granos

3.1.1. Temperatura

3.1.2. Humedad

3.1.3. Concentración de Oxígeno

3.1.4. Estado del Grano

3.1.5. Condiciones de Almacenamiento

3.1.6. Presencia de Patógenos

3.2. Parámetros de control

3.2.1. Humedad

3.2.2. Humedad Relativa de Equilibrio

3.2.3. Tiempo de almacenamiento y temperatura

3.3. Plagas

3.3.1. Plagas del Suelo

3.3.2. Plagas del follaje

3.3.3. Plagas de la mazorca

3.3.4. Roedores

3.4. Hongos

3.4.1. Hongos de Campo

3.4.1.1. *Fusarium* spp.

3.4.1.2. *Stenocarpella maydis*

3.4.1.3. *Cercospora zae maydis*

3.4.1.4. *Colletotrichum graminicola*

3.4.1.5. *Ustilago maydis*

3.4.1.6. *Cladosporium herbarum*

3.4.2. Hongos de Almacenamiento

3.4.2.1. *Aspergillus* spp.

3.4.2.2. *Penicillium* spp.

4.Procedimiento de poscosecha

4.1. Previo a la cosecha

4.2. Recepción del grano

4.3. Limpieza

4.4. Secado

4.4.1. Secado al aire libre

4.4.2. Secadoras de flujo continuo

4.4.3. Secadoras de Lotes

4.4.4. Secadoras de aire forzado

4.4.5. Secadoras Solares

4.4.6. Secadoras de torre

4.4.7. Secado en lecho fluidizado

4.5. Aireación

4.6. Almacenamiento

4.7. Monitoreo del grano almacenado

5.Referencia

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los niveles de humedad determinados en las muestras de maíz M1, M2, M3 y M4 fueron 14.07%, 13.93%, 14.27% y 14.63% respectivamente, mostrando valores ligeramente altos en relación con los que se requiere para su comercialización según la norma INEN 187; Respecto al porcentaje de impurezas, los valores determinados de las muestras de maíz M1, M3 y M4 están fuera de norma a excepción de la muestra M2 del sector de Santa Elena; los pesos hectolítricos determinados cumplen con la norma por tanto no se evidencia una contaminación por insectos. Finalmente, no se detectó presencia de aflatoxinas en alguna muestra.
- La tabla de correlación generada reveló la relación que existe entre el contenido de humedad y aflatoxinas, indicando que la humedad fue ideal para evitar el desarrollo de aflatoxinas en todas las muestras.
- Se elaboró un instructivo poscosecha como iniciativa estratégica para garantizar la calidad y seguridad del grano de maíz, este instructivo proporcionará una guía basada en las prácticas que se deben realizar después de la cosecha como recepción, limpieza, secado, aireación, almacenamiento y monitoreo del maíz.

4.2. Recomendaciones

- Ejecutar el análisis en piensos que ya estén listos para el consumo animal para verificar la ausencia de micotoxinas.
- Realizar un análisis de composición nutricional con el fin de verificar la calidad de maíz y los aportes que dan nutricionalmente.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

AESAN. (2021). *Aflatoxinas ficha AESAN*. 8–11.

Agroscopio. (n.d.). *Medidores de Humedad*. Agroscopio. Retrieved May 28, 2024, from https://agroscopio.com/producto/oferta-detectores-de-humedad/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgdayBhBQEiwAXhMxtllEsrJaMen8HD9R58RdH-wQYPs2b2y8pyTOO1yGQtseLGYaYHUE9RoCmFwQAvD_BwE

Aguillón Páez, Y. J. (2020). *Determinación de parámetros de calidad en maíces nacionales e importados y evaluación en raciones balanceadas para pollos de engorde y gallinas de postura*. Universidad Nacional de Colombia.

Agurto Padilla, J. (2023). *Una revisión literaria sobre las aflatoxinas presentes en el maíz, trigo y avena cultivados, almacenados y transportados para consumo humano*.

Arias, C. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. FAO. <https://www.fao.org/4/x5027s/x5027S01.htm>

Barontini, J. M., Druetta, M. A., Luna, I. M., Torrico Ramallo, A. K., Chulze, S. N., & Gimenez, M. D. L. P. (2020). Presencia de *Aspergillus flavus*, contaminante del maíz con micotoxinas, en lotes de Santiago del Estero, norte de Córdoba y este de Tucumán. *Revista Técnica de La Asociación Argentina de Productores En Siembra Directa* : 92- 99. (2020). <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/7836>

Barragán Quishpe, J. A., & Montes Estellés, M. R. (2020). *Importancia De La Detección De Aflatoxinas En Frutos Secos En La Seguridad Alimentaria*.

Bellver, J. (2013). Evaluación del Riesgo de Exposición a Ocratoxina A. *Universidad de Valencia*, 27–37.

Bernadette, A., & Bartosik, R. (2013). Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. In *Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*.

Botta, G., & González, M. (2012). Enfermedades Fúngicas, Bacterianas y Antibióticas del Maíz. *Bases Para El Manejo Del Cultivo de Maíz*, 125–150. inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf

Cámara Arbitral De Cereales. (2015). Norma de calidad para la comercialización de granos. *Bolsa de*

- Comercio de Rosario. http://www.cac.bcr.com.ar/Biblioteca_Digital/Cuadros_de_comercializacion1.pdf
- Cardoso, M., & Bartosik, R. (2015). *Almacenaje de grano húmedo: ¿Por qué aumentan los riesgos?* https://www.adiveter.com/ftp_public/A1180108.pdf
- Castro Demera, D. A. (2020). Evaluación de la incidencia de aflatoxinas en maíz duro de las principales provincias productoras del Ecuador. In *UDLA*.
- Castro, L., Saquero, M., & Beltrán, J. (2003). Caracterización morfológica y patogénica de *Colletotrichum* sp . como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea* sp . Morphological and pathological characterisation of *Colletotrichum* sp . as casual agent of anthracnose in *Dioscorea* sp . *Revista Colombiana de Biotecnología*.
- CIMMYT. (2017). *¿Qué es la calidad del grano de maíz?* CIMMYT. <https://idp.cimmyt.org/que-es-la-calidad-del-grano-de-maiz/>
- Corporación Financiera Nacional. (2021). *Ficha Sectorial*. 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Alimentos-preparados-para-animales.pdf%0Ahttps://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/>
- Deras Flores, H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz. *Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura (IICA)*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Espinosa-Plascencia, A., & Bermúdez-Almada, M. del C. (2023). Las aflatoxinas, un tóxico que continúa presente en los alimentos y sus efectos biológicos en los humanos y en los animales. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 26, 1–16. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.553>
- Fernández, S., Marcía, J., Bu, J., Baca, Y., Chavez, V., Montoya, H., Varela, I., Ruiz, J., Lagos, S., & Ore, F. (2021). Enfermedades transmitidas por Alimentos (Etas); Una Alerta para el Consumidor. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 2284–2298. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V5I2.433
- Franco Valbuena, L. A. (2023). *Efectividad biológica de Biosoup ® y Tribiosoil ® en la reducción de micotoxinas producidas por hongos fitopatógenos asociados al cultivo de maíz (Zea mays L .)*. Universidad Autónoma de Occidente.
- García-Reyes, V., Solano-Báez, A. R., Leyva-Mir, S. G., De León-García de Alba, C., Rodríguez-

- Mendoza, J., Quezada-Salinas, A., & Márquez-Licon, G. (2022). Molecular confirmation of *Stenocarpella maydis* causing ear rot of maize in Mexico. *Journal of Plant Pathology*, 104(2), 775–779. <https://doi.org/10.1007/S42161-022-01053-X/METRICS>
- García, K. (2018a). *Importancia de la calidad del maíz*. Engormix. https://www.engormix.com/ganaderia/maiz-engorde-bovino/importancia-calidad-maiz_a41880/
- García, K. (2018b). *Importancia de la calidad del maíz*. Engormix. https://www.engormix.com/ganaderia/maiz-engorde-bovino/importancia-calidad-maiz_a41880/
- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47–56. <https://doi.org/10.29166/SIEMBRA.V7I2.2196>
- Guevara, I. (2021). *Cuantificación de hongos y micotoxinas en alimento balanceado provenientes de establecimientos avícolas de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16221/Guevara_ai.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., Osorio-Hernández, E., Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V10I4.1665>
- Hidalgo Acosta, A. Y. (2022). *Establecimiento de un sistema de producción de maíz (Zea mays L) variedad DEKAL-B 7088 con inclusión de tecnología de precisión en el municipio de El Yopal – Casanare*. Universidad de La Salle.
- Ibarra, A., Molina, J., Ramírez, L., & Zuñiga, L. (2023). Analysis of the corn agrifood chain in Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, 8(1), 1862–1873. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i1>
- Incremona, M. E., González, A., Romagnoli, M. S., Papucci, S., & Tuttolomondo, G. (2021). *Vista de Efecto de la fertilización nitrogenada en siembras tempranas y tardías de maíz sobre el rendimiento, el peso de granos y el peso hectolítrico*. Ciencias Agronómicas. <https://cienciasagronomicas.unr.edu.ar/index.php/agro/article/view/4/5>
- INTAGRI. (2018). Maíz de alta calidad proteica QPM. *INTAGRI*, 39. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1501/QPM.pdf?sequence>

e=1

- Laboratorio de Alimentos y Nutrición. (2021). Métodos de análisis de micotoxinas. In *Departamento de Biociencias, Universidad de Cuenca*.
- Mahanna, B. (2012). *¿El peso específico debería ser un problema en maíz?* Corteva Agriscience. <https://www.corteva.es/agronomia-y-servicios/informacion-agronomica/el-peso-especifico-deberia-ser-un-problema-en-maiz.html>
- Martínez, M. (2022). *Actualización de Procesos Infecciosos en Humanos en Chile a Partir de Productos Alimentarios*.
- Martínez Mena, E. E., & García Mendoza, M. D. C. (2021). Aplicación del método NIRS cercano para evaluar los parámetros de calidad nutricional de Zea mays L. (maíz) utilizado para alimento balanceado de aves [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. In *Universidad Nacional de San Martín*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4160>
- Moldoveanu, S. C., & David, V. (2022). *Essentials in Modern HPLC Separations*. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=44NTEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=HPLC&ots=ii1WWDH-r-&sig=YDpIEWj3qj0E3NmJSZ5WWdd5fF8&redir_esc=y#v=onepage&q=HPLC&f=false
- Narro, L., Chávez, A., Jara, T., Narro, T., Medina, A., Cieza, I., & Diaz, P. (2022). ecnologías disponibles para incrementar la producción de maíz en Perú. *ACI Avances En Ciencias e Ingeniería*, 14(1). <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2507/3124>
- Otero, P. (2020). *Plagas y Enfermedades del Maíz*. AgroHuerto. <https://www.agrohuerto.com/plagas-y-enfermedades-del-maiz/>
- Padrón, H., Hernández, S., Reyes, C., & Vásquez, G. (2013). *El Género Aspergillus y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005
- Palacios-Rojas, N. (2018). *Calidad nutricional e industrial de Maíz. Protocolos*. conservacion.cimmyt.org/en/component/.../2022-calidad-de-grano-para-tecnicos-
- Paliwal, R. L. (2001). El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*., 376.
- Pérez Pérez, J. C. (2022). *Análisis de riesgos ambientales (micotoxinas) del sistema de producción de maíz (Zea mays) en la comunidad de San Tadeo Huiloapan, Tlaxcala* [Benemérita Universidad

Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18454>

Pinedo, Y. C., Darío Mercado Martínez, I., Vicente, J., & Crizón, R. (2020). Determination and quantification of the levels of aflatoxin in eggs. *Prospectiva*, 18(2).

Pinto, C. B., Carmo, D. das G. do, Santos, J. L. dos, Filho, M. C. P., Soares, J. M., Sarmiento, R. A., Lima, E., Bacci, L., & Picanço, M. C. (2023). Sampling Methodology of a Key Pest: Technique and Sampling Unit for Evaluation of Leafhopper *Dalbulus maidis* Populations in Maize Crops. *Agriculture* 2023, Vol. 13, Page 1391, 13(7), 1391. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13071391>

Ponce, N. (2019). *Unidad III. Características morfológicas y físicas de los granos básicos, industriales, oleaginosas y secundarios.* 1–32. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108413/secme-8641_2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Porras, O. (2024). *Plagas y enfermedades del cultivo de maíz con énfasis en fusarium spp. en el Valle del Mezquital, Hidalgo* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/49844>

r-biopharm. (2024). *AFLACARD TOTAL screening card for qualitative detection of aflatoxins.* R-Biopharm. <https://food.r-biopharm.com/products/aflacard-total/>

Ramos, A. J., Marín, S., Molino, F., Sanchis, Y. V., & Ramos, A. J. (2023). Las micotoxinas , o cuando los mohos son nuestros enemigos. *AGROTECNIO-CERCA Center*, 38–39.

Ramos, R. (2020). *Esto es lo que debes saber sobre la humedad del grano si piensas comercializar maíz.* CIMMYT. <https://idp.cimmyt.org/esto-es-lo-que-debes-saber-sobre-la-humedad-del-grano-si-piensas-comercializar-maiz/>

Reyes, A. (2024). *Desarrollo y caracterización física, química y nutracéutica de un pozol elaborado con maíz (Zea mays L.) criollo (azul y rojo), adicionado con cacao (Theobroma cacao).*

Rivera, R., Guevaa, V., Mera, L., & Urbina, P. (2014). *Control de Calidad de Granos de Leguminosas y Cereales.* UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sanabria, N., López, A., & Martínez, Y. (2017). Métodos Para La Determinación De Aflatoxinas En Alimentos. *Revista Agrollanía*, 14, 1690–8066.

- Sánchez, I., & Pérez, E. (2014). Maíz I (*Zea mays*). In *Reduca (Biología). Serie Botánica* (Vol. 7, Issue 2, pp. 151–171). <https://hdl.handle.net/20.500.14352/33739>
- Sandoval, G. (2013). Determinación de aflatoxinas totales, por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), en matriz de cereales: maíz y cebada. In *Universidad Central del Ecuador*. [http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1994\)120:1\(225\)%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.07.024%0Ahttp://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF%0Ahttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:windenergie+report+](http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/(ASCE)0733-9410(1994)120:1(225)%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.07.024%0Ahttp://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF%0Ahttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:windenergie+report+)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *¿Qué es la poscosecha y por qué es importante?* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-es-la-poscosecha-y-por-que-es-importante>
- SENASICA. (2015). Ficha Técnica: *Fusarium spp.* (Hypocreales: Nectriaceae), Podredumbre de raíces. *Senasica*, 1–18. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_ma_z_2020.pdf
- Sigcha, G. (2017). Evaluación del rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro a tres distancias de siembra (*Zea mays* L.) en el cantón Loreto, provincia de Orellana. *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*, 121. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6580>
- Soria, M. (2013). *Salmonella y aflatoxinas en granjas de gallinas ponedoras comerciales*. <https://doi.org/10.35537/10915/26201>
- Soriano del Castillo, J. M. (2007). *Micotoxinas en alimentos*. Diaz de Santos. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=wuZvCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR23&dq=micotoxinas+en+alimentos+castillo&ots=HEEpy_31g9&sig=uhReUAfuOx9Ds2dJK7LU73zGYVg&redir_esc=y#v=onepage&q=micotoxinas+en+alimentos+castillo&f=false
- Stathas, I. G., Sakellaridis, A. C., Papadelli, M., Kapos, J., Papadimitriou, K., & Stathas, G. J. (2023). The Effects of Insect Infestation on Stored Agricultural Products and the Quality of Food. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 2046, 12(10), 2046. <https://doi.org/10.3390/FOODS12102046>
- Tamayo, M., & Terán, H. (2018). *Comparación de metodologías para la medición de humedad en 2 variedades de maíz morocho y suave (Zea mays L.)*. 110.
- Tax Sapon, V., Escobar Molina, M. C., Rodríguez Menjivar, R. antonio, & Monzon de Mata, C. esteban. (2019). Maíz: Incidencia de aflatoxinas y fumonisinas en producciones excedentarias del norte de Guatemala. *Programa de Consorcios de Investigación Agropecuaria*, 60.

- Tigse, N., & Vásquez, J. (2022). *DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE SECADO DE MAÍZ EMPLEADOS EN LAS COMERCIALIZADORAS DE GRANOS DEL CANTÓN QUEVEDO*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b8764797-a3b2-4ae4-9952-0aa58010649f/content>
- Timm, N. da S., Coradi, P. C., Cañizares, L. da C. C., Jappe, S. N., Ferreira, C. D., & Lutz, É. (2023). Effects of the storage temperature and time of corn from the center and extremities of corn cob on quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 110, 103645. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2023.103645>
- Torricon Ramallo, A. K., Ruiz Posse, A. M., Barontini, J. M., Luna, C. E., Ferrer Lanfranchi, M., Laguna, I. G., Guerra, G., Uhart, S., & Gimenez, M. D. L. P. (2020). Presencia de hongos de la espiga en híbridos de maíz de Córdoba durante la campaña 2019/20. *V Congreso de Maíz Tardío, 28 y 29 de Octubre de 2020*. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/8339>
- USDA. (2023). *Maíz y soya: proyecciones para la campaña 23/24 USDA-diciembre 2023*. 3tres3. https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/maiz-y-soya-proyecciones-para-la-campana-23-24-usda-diciembre-2023_16111/
- Varón de Agudelo, F., Rodríguez Chalarca, J., Villalobos Saa, J. C., & Parody Restrepo, J. (2022). Manual de enfermedades y plagas del maíz. In *Advanta*. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/119166/Manual de enfermedades y plagas Advanta web.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/119166/Manual%20de%20enfermedades%20y%20plagas%20Advanta%20web.pdf?sequence=1)
- Velázquez, C. (2021). *RELATORIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMAp) PLANIFICACION DE USO DE LA TIERRA - EXPLOTACION AGROPECUARIA, PROPIEDADES DEL Sr. ROGERIO ROCHA DA SILVA*. 1–72.
- Yimer, A. H. (2022). Postharvest Management Practices of Maize in Ethiopia: A Review. *Agricultural Science Digest*, 42(5), 521–527. <https://doi.org/10.18805/AG.DF-414>
- Zambrano Mendoza, J. L., & Caviedes C., M. (2022). Estado actual de la producción de maíz en Ecuador. In *Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana del Maíz 2022*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886>
- Zou, K., Li, Y., Zhang, W., Jia, Y., Wang, Y., Ma, Y., Lv, X., Xuan, Y., & Du, W. (2022). Early infection response of fungal biotroph *Ustilago maydis* in maize. *Frontiers in Plant Science*, 13, 970897. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.970897/BIBTEX>

ANEXOS

Anexo A. Instructivo Poscosecha para el manejo adecuado de maíz

ÍNDICE

1.Introducción	1
2.Alcance.....	1
3.Generalidades	1
3.1. Respiración de los granos	1
3.1.1. Temperatura	2
3.1.2. Humedad.....	2
3.1.3. Concentración de Oxígeno	3
3.1.4. Estado del Grano	3
3.1.5. Condiciones de Almacenamiento	3
3.1.6. Presencia de Patógenos:	3
3.2. Parámetros de control	3
3.2.1. Humedad:.....	3
3.2.2. Humedad Relativa de Equilibrio:	3
3.2.3. Tiempo de almacenamiento y temperatura:	4
3.3. Plagas	5
3.3.1. Plagas del Suelo	5
3.3.2. Plagas del follaje	6
3.3.3. Plagas de la mazorca	7
3.3.4. Roedores	7
3.4. Hongos	7
3.4.1. Hongos de Campo.....	7
3.4.1.1. <i>Fusarium</i> spp.....	8
3.4.1.2. <i>Stenocarpella maydis</i>	8
3.4.1.3. <i>Cercospora zeae maydis</i>	8
3.4.1.4. <i>Colletotrichum graminicola</i>	8

3.4.1.5.	<i>Ustilago maydis</i>	8
3.4.1.6.	<i>Cladosporium herbarum</i>	8
3.4.2.	Hongos de Almacenamiento	8
3.4.2.1.	<i>Aspergillus</i> spp.	8
3.4.2.2.	<i>Penicillium</i> spp.	9
4.	Procedimiento de poscosecha	9
4.1.	Previo a la cosecha	11
4.2.	Recepción del grano	11
4.3.	Limpieza.....	11
4.4.	Secado	11
4.4.1.	Secado al aire libre.....	11
4.4.2.	Secadoras de flujo continuo	11
4.4.3.	Secadoras de Lotes.....	12
4.4.4.	Secadoras de aire forzado.....	12
4.4.5.	Secadoras Solares.....	12
4.4.6.	Secadoras de torre	12
4.4.7.	Secado en lecho fluidizado.....	12
4.5.	Aireación	12
4.6.	Almacenamiento	12
4.7.	Monitoreo del grano almacenado.....	13
5.	Referencia	13

1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, siendo la base para fabricar piensos para animales o alimento para millones de personas. Sin embargo, **Yimer (2022)** menciona que las pérdidas poscosecha del maíz pueden llegar a ser alrededor del 30 al 50%, afectando la seguridad alimentaria y la economía de los productores. Un manejo adecuado poscosecha es crucial para minimizar estas pérdidas y garantizar la calidad y el valor del grano.

La **Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2019)** asegura que la forma de garantizar la calidad de los granos es conservándolos en las mejores condiciones posibles en cuanto a temperatura, humedad y control de plagas, de forma que se mantenga la integridad física de los mismos, para lo cual es imprescindible la limpieza, el secado, clasificación y correcto almacenamiento, si un grano posee una mala poscosecha es probable que exista una merma de hasta el 40% en su rendimiento.

2. Alcance

Este instructivo abarca las principales etapas de la poscosecha del maíz, desde la cosecha hasta el almacenamiento, incluyendo:

- Cosecha
- Secado
- Limpieza
- Desgrane
- Transporte
- Almacenamiento
- Manejo de plagas y enfermedades

3. Generalidades

3.1. Respiración de los granos

La respiración de los granos de maíz es un proceso metabólico que se produce incluso después de la cosecha, las células utilizan el oxígeno para producir energía, todo este proceso libera dióxido de carbono, agua y calor como subproductos (Ver Ilustración 1). Cuando el grano está húmedo respira intensamente, de tal forma que genera mayor cantidad de calor y afecta la calidad del grano, por lo que es importante conocer los factores que afectan a la respiración del grano y mantener su aireación. El proceso respiratorio puede incrementar cuando el maíz se encuentra a granel ya que la temperatura aumenta junto con la actividad biológica, generando ambientes beneficiosos para agentes extraños (**Cardoso & Bartosik, 2015**).

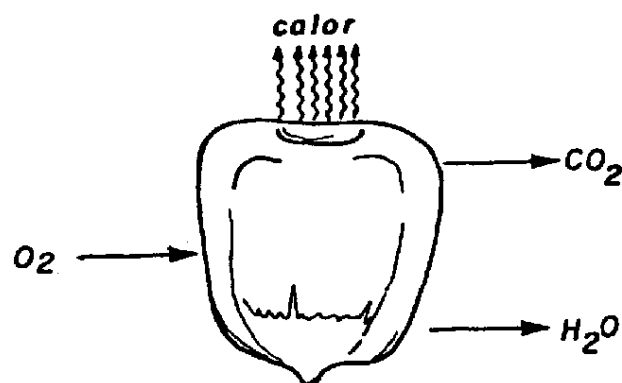


Ilustración 1. *Respiración del grano de maíz*

Nota: El grano de maíz en el proceso de respiración produce dióxido de carbono, agua y calor. Recuperado de **Arias (1993)**.

Los factores que afectan la respiración del grano son:

3.1.1. Temperatura

La temperatura es un factor crucial que impacta significativamente en la respiración del maíz, lo que tiene implicaciones importantes en la calidad y la conservación del producto. A medida que la temperatura aumenta, la tasa de respiración de los granos de maíz también aumenta, gracias a que el calor acelera las reacciones químicas que ocurren en las mitocondrias. Por el contrario, si se tienen bajas temperaturas, las reacciones metabólicas se ralentizan y el maíz se puede preservar por más tiempo (**Timm et al., 2023**).

3.1.2. Humedad

La humedad es otro factor fundamental en la respiración y conservación del maíz, tanto el contenido de humedad del grano como la humedad relativa (HR) del aire en el entorno en el que se encuentren almacenados los granos. Al igual que la temperatura, los granos con alto contenido de humedad presentan una tasa de respiración alta ya que la actividad metabólica de los granos aumenta en presencia de mayor cantidad de agua, generando un mayor consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono, calor y humedad. Cuando el contenido de humedad es alto, el desarrollo de hongos y plagas es de igual forma alto. Al momento de existir una humedad relativa alta en el aire, afecta también a la integridad del grano puesto que busca alcanzar un equilibrio en el contenido de humedad en ambiente-grano y llegará a una humedad constante en ambas partes, es decir que no tomará ni cederá humedad. La humedad relativa (HR) en el ambiente de almacenamiento del grano de maíz puede superar el 67% cuando este se conserva con un contenido de humedad elevado, esto se debe a que el grano libera vapor de agua al entorno, creando condiciones favorables para el crecimiento de bacterias y hongos. (**Bernadette & Bartosik, 2013**).

3.1.3. *Concentración de Oxígeno*

La presencia de oxígeno entre los granos es necesaria para la respiración, cuando la concentración de oxígeno se reduce, afecta a la tasa de respiración del grano.

3.1.4. *Estado del Grano*

Los granos en buen estado y maduros tienen menores tasas de respiración que los granos inmaduros o dañados.

3.1.5. *Condiciones de Almacenamiento*

La ventilación es de gran ayuda al momento de almacenar el grano ya que disipa el calor y reduce la humedad generada por la respiración.

3.1.6. *Presencia de Patógenos:*

La actividad metabólica de los mohos y bacterias contribuyen al aumento de la tasa de respiración de los granos, así como a la presencia de plagas, de forma que aumenta el contenido de humedad y calor.

3.2. **Parámetros de control**

Los parámetros de control conllevan los elementos críticos que, si se gestionan con precisión y cuidado, pueden marcar la diferencia entre un grano de calidad superior y uno susceptible a pérdidas considerables, son herramientas esenciales para prevenir el deterioro del maíz y garantizar su óptimo estado durante el almacenamiento y el procesamiento. Al comprender y gestionar estos parámetros, los productores pueden preservar la integridad física del grano, controlar la humedad y minimizar pérdidas. Los parámetros de control en la poscosecha del maíz abarcan variables, cada una con un papel fundamental en la preservación del grano. **Bernadette & Bartosik (2013)** manifiestan que los parámetros de control poscosecha más importantes son:

3.2.1. *Humedad:*

El grano se debe secar para poder controlar su humedad, para evitar el desarrollo de mohos y proliferación de insectos, la humedad adecuada esta entre 13 y 14%. Para mantener este nivel de humedad en el almacenamiento es necesario monitorearlo de tal forma que se pueda controlar.

3.2.2. *Humedad Relativa de Equilibrio:*

La humedad relativa de equilibrio (HRE) corresponde a la humedad relativa del ambiente, cada porcentaje de humedad del maíz en grano posee un valor de HRE en la cual las presiones de vapor de agua entre el ambiente y el grano son iguales (punto de equilibrio), esta relación está dada por

la curva de HRE, la cual se puede visualizar en la Ilustración 2, en la que indica que el maíz a una humedad menor al 14% H no tendría problemas de crecimiento microbiano.

Se considera la HRE un punto de control ya que este parámetro determina en su mayoría si los hongos de desarrollarán o no durante el almacenamiento, puesto que necesitan un mínimo de 67% de HR para crecer.

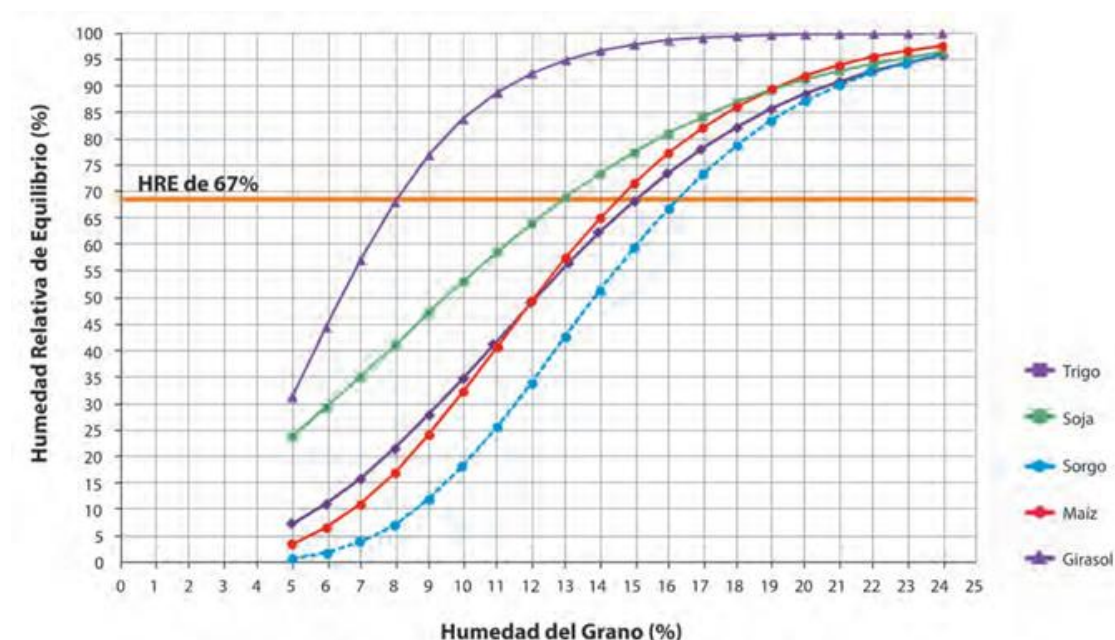


Ilustración 2. Curva de HRE para los principales granos

Nota: En la curva roja del maíz, la HRE llega al 67% con una humedad del grano del 14.5%. Recuperado de **Bernadette & Bartosik (2013)**.

3.2.3. Tiempo de almacenamiento y temperatura:

Se trata del periodo de tiempo máximo que se puede almacenar el grano sin que sufra algún daño, este parámetro se ve afectado principalmente por la humedad de equilibrio del grano, la temperatura y el porcentaje de granos dañados. A continuación, se muestra en la Ilustración 3 el tiempo de almacenamiento seguro para el maíz, la cual indica que se puede almacenar el grano de maíz durante un tiempo de 6 meses o más, siempre y cuando la HRE sea menor al 65%. Si la HRE sobrepasa el 70%, no se recomienda almacenarlo más de 1 mes y a una HRE entre 65 y 70%, el grano se debería almacenar de 1 hasta 6 meses. La Ilustración 3 además, indica la relación que guarda la presencia de insectos con la temperatura (T), el riesgo de contaminación por insectos es elevado a $T > 25^{\circ}\text{C}$, existe un riesgo moderado en contaminación por insectos en un rango de $17^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ y el riesgo es mínimo a $T < 15^{\circ}\text{C}$.

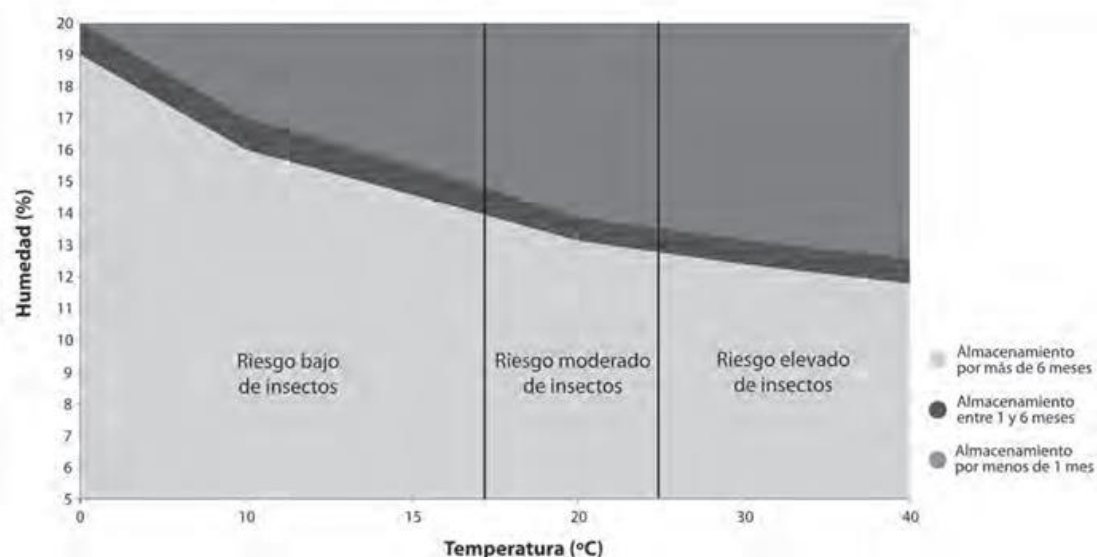


Ilustración 3. Tiempo de almacenamiento seguro para el grano de maíz

Nota: Los niveles de intensidad del color indican el tiempo de almacenamiento válido. Recuperado de **Bernadette & Bartosik (2013)**.

3.3. Plagas

Las plagas que se desarrollan en el maíz pueden causar daños significativos durante varias etapas del cultivo, la cosecha y el almacenamiento. Estas plagas están conformadas por insectos, roedores y otros organismos que pueden afectar la calidad y cantidad del maíz. Para combatirlas es necesario conocer el grupo al que pertenecen, **Hernández-Trejo et al. (2019)**, **Varón de Agudelo et al. (2022)** y **Deras Flores (2020)** indican que las plagas se pueden clasificar de la siguiente manera:

3.3.1. Plagas del Suelo

Las plagas del suelo son organismos que viven en el suelo y pueden causar daños significativos a las raíces de las plantas de maíz, como, por ejemplo:

Las larvas de coleópteros que se alimentan de las raíces y tallos, causando debilidad en la planta, a estas larvas también se las conoce como gusanos de alambre (elateridae).

La gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) son larvas de coleópteros que causan daños severos ya que excavan túneles en las raíces de la planta del maíz dando problemas en la capacidad de absorber agua y nutrientes lo que provoca debilitamiento, enanismo y en casos extremos la muerte de la planta.

Los nemátodos (*Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp.) son gusanos microscópicos que parasitan las raíces de las plantas causando formación de agallas y debilidad en la planta por la extracción de sus nutrientes.

El Gusano Soldado puede afectar tanto la parte superior como la subterránea de la planta, se alimenta directamente de las raíces causando colapsos de plantas jóvenes.

3.3.2. Plagas del follaje

Las plagas del follaje del maíz atacan a partes aéreas de las plantas como las hojas y tallos, causando daños que pueden reducir significativamente el rendimiento del cultivo.



Ilustración 4. Plagas del follaje del maíz

Nota: Los daños que causan las plagas del follaje son directamente en hojas y tallos. Recuperado de **Otero (2020)**.

Aquí se presentan algunas de las plagas más comunes del follaje del maíz:

Las larvas del gusano cogollero o gusano soldado, se alimentan de las hojas del maíz, causando daños considerables que pueden llegar a afectar en el desarrollo de la planta.

Los pulgones, son insectos pequeños que se alimentan de la savia de las hojas y tallos, lo que provoca coloración amarillenta en las hojas.

Las larvas de las moscas del maíz (*Atherigona* spp.) se alimentan de las hojas del maíz de forma que las destruyen y reducen la fotosíntesis en la planta, lo que hace que se debilita.

El chinche de la espiga (*Blissus* spp.) es un insecto que extrae directamente el fluido de las hojas del maíz, con ello consigue realizar aberturas en los tejidos de la planta provocando que ingresen

con mayor facilidad bacterias y hongos. Todo esto conlleva a que la planta se decolore y sus hojas lleguen a marchitarse.

Los insectos conocidos como langostas (*Schistocerca* spp.) son especies grandes que llegan a migrar en enjambres y pueden consumir grandes cantidades de follaje, provocan la caída de las hojas de las plantas causando daños severos.

3.3.3. *Plagas de la mazorca*

Las plagas que afectan las mazorcas del maíz son una preocupación especialmente para los productores, ya que causan daños directamente a los granos, reducen la calidad del maíz y aumentan las pérdidas poscosecha. A continuación, se describen algunas de las plagas más comunes que atacan las mazorcas del maíz:

El gusano elotero es una larva que se alimenta de los granos del maíz cuando estén en la etapa de desarrollo, lo que impide el desarrollo de la mazorca, causan además agujeros en los granos y dejan su excremento o que favorece al desarrollo de hongos.

El gorgojo es un insecto pequeño que de igual manera se alimenta principalmente de los granos del maíz ya almacenado, sin embargo, también afectan a las mazorcas en el campo, su presencia disminuye la calidad del grano.

La palomilla del grano es un insecto adulto que se sustenta de los granos del maíz almacenado causando pérdidas del producto y contaminación.

3.3.4. *Roedores*

Los roedores, como ratas y ratones, representan una plaga significativa en el cultivo de maíz, tanto en el campo como durante el almacenamiento postcosecha. Estos animales causan daños directos al consumir granos y plantas, además de actuar como vectores de enfermedades y contaminantes que afectan la calidad y seguridad del producto. El consumo de maíz contaminado con heces u orina de roedores puede provocar enfermedades gastrointestinales y otras afecciones en humanos y animales.

3.4. Hongos

El maíz puede ser afectado por varios tipos de hongos que pueden causar enfermedades y daños tanto en el campo como durante el almacenamiento:

3.4.1. *Hongos de Campo*

Los hongos de campo son aquellos que afectan al cultivo de maíz antes de la etapa de la cosecha.

3.4.1.1. Fusarium spp.

Este hongo produce una toxina llamada fumonisina, que puede causar problemas de salud en humanos y animales. Los síntomas de la intoxicación por fumonisina incluyen náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal. En casos graves, la intoxicación por fumonisina puede ser fatal. El hongo llega a pudrir el tallo causando que las plántulas se marchiten de forma que reducen el rendimiento y afectan su desarrollo **(Porras, 2024)**.

3.4.1.2. Stenocarpella maydis

Este hongo pudre la mazorca y afecta los granos del maíz, de forma que la mazorca presenta colores marrones o negros y poseen una textura arrugada **(García-Reyes et al., 2022)**.

3.4.1.3. Cercospora zeae maydis

Causa manchas necróticas en las partes verdes de la planta, una enfermedad que puede reducir significativamente el rendimiento del cultivo **(Botta & González, 2012)**.

3.4.1.4. Colletotrichum graminicola

La podredumbre causada por este hongo afecta a las hojas, tallos y mazorcas causando necrosis y desarrollando tonos grises a negros, puede llegar a producir micotoxinas pero no en niveles que presenten riesgo **(Botta & González, 2012)**.

3.4.1.5. Ustilago maydis

Causa el conocido “carbón del maíz”, una enfermedad fúngica en la que los granos de maíz se transforman en agallas llenas de esporas negras, esto provoca mermas en el rendimiento de la cosecha **(Zou et al., 2022)**.

3.4.1.6. Cladosporium herbarum

Causa que la mazorca y el grano se pudran, dando una apariencia de manchas en las hojas y granos **(Paliwal, 2001)**.

3.4.2. Hongos de Almacenamiento

Los hongos de almacenamiento son aquellos que afectan al grano de maíz después de la cosecha.

3.4.2.1. Aspergillus spp.

Este hongo produce una toxina llamada aflatoxina, una de las micotoxinas más tóxica y cancerígena que se conoce, llega a contaminar el maíz en el crecimiento y el almacenamiento (**Barontini et al., 2020**).

3.4.2.2. *Penicillium spp.*

Causa produce la podredumbre de la espiga del maíz, produce penicilinas y otras micotoxinas que pueden causar problemas respiratorios y alergias en humanos y animales, también afectan la calidad del grano almacenado (**Torrice Ramallo et al., 2020**).

En la Tabla 1 se muestra las condiciones de HR y temperaturas a las que se desarrollan los hongos.

Tabla 1.

Condiciones de humedad relativa (HR) y temperaturas (T) óptimas para el desarrollo de los principales hongos

Hongo	HR mínima para su desarrollo	Temperatura (°C)
<i>Aspergillus spp.</i>	70 a 90 %	0 a 45
<i>Penicillium spp.</i>	80 a 90 %	5 a 40
<i>Fusarium spp.</i>	85 a 90 %	25 a 30
<i>Colletotrichum graminicola</i>	90 %	28

Nota: Información recopilada de **Padrón et al. (2013)**, **SENASICA (2015)** y **Castro et al. (2003)**.

4. Procedimiento de poscosecha

El procedimiento poscosecha del maíz es fundamental para mantener la calidad del grano y prevenir pérdidas por plagas y deterioro. A continuación, en la Ilustración 5 se observa el diagrama de flujo los pasos claves en el manejo poscosecha del maíz, indicados por **Bernadette & Bartosik (2013)**:

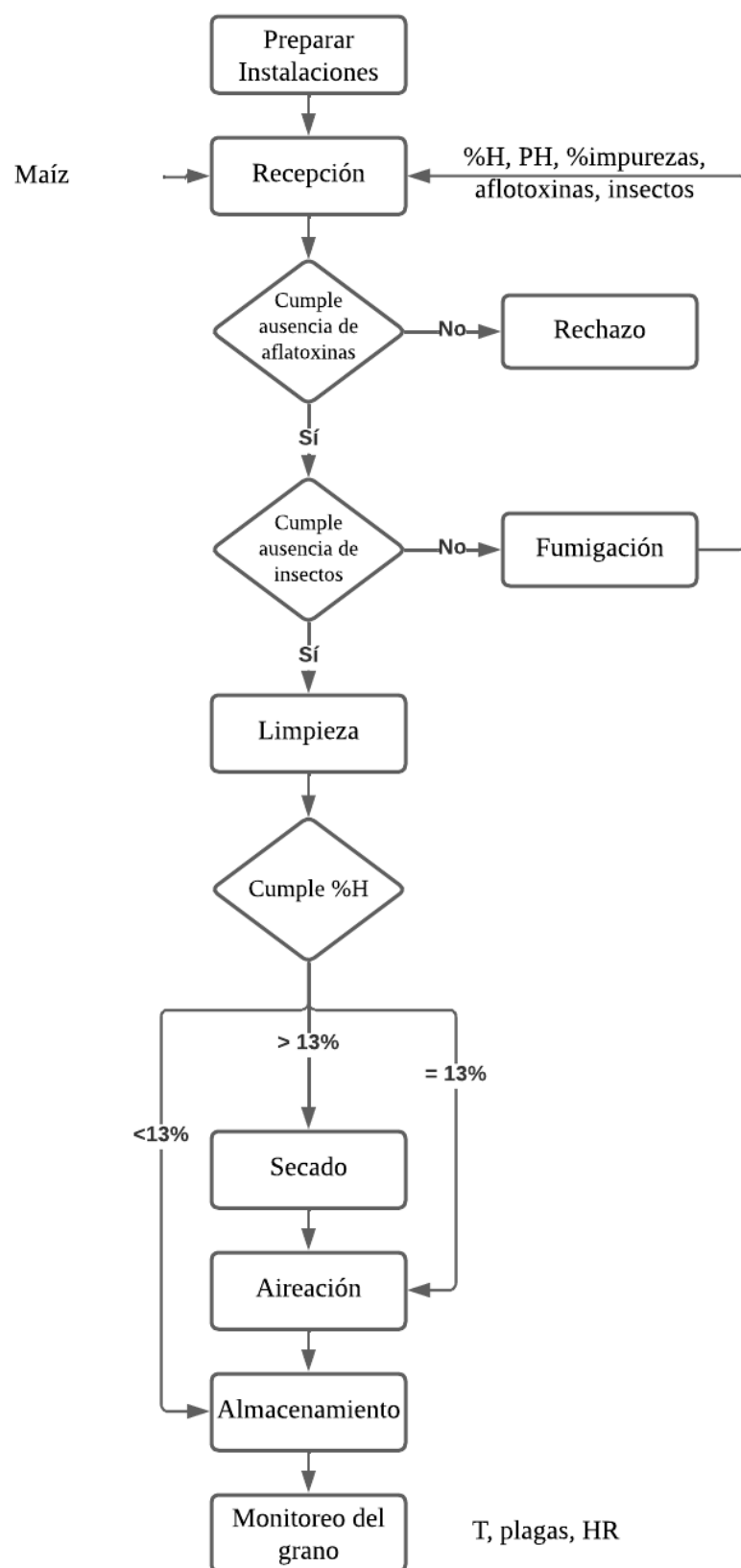


Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso poscosecha del maíz

Nota: El diagrama muestra las etapas por las que pasa el grano de maíz después de la cosecha.

4.1. Previo a la cosecha

Es esencial realizar la preparación de las instalaciones y silos en los que se va a colocar el maíz, cuidar que se encuentren completamente limpios, especialmente en su interior, esto incluye silos, conductos de aireación, conos, entre otros. Una vez limpio se recomienda emplear un insecticida aprobado para su uso en granos para prevenir la entrada de insectos a lugares no deseados.

4.2. Recepción del grano

Para evaluar la calidad de los granos primero se debe asegurar la obtención de una muestra representativa de cada lote de maíz que llegue al lugar, es decir, una fracción de granos que refleje de manera precisa las características del lote completo del cual se extrae. Para ello hay que basarse en la norma INEN 1233:95, tomando en cuenta el medio de transporte.

Seguido se realiza las pruebas para conocer el contenido de humedad con la que llega el grano (la mayoría de las empresas posee equipos que detectan el porcentaje de humedad rápidamente), evaluación del peso hectolítrico e impurezas.

4.3. Limpieza

Esta etapa se la realiza inmediatamente después de la recepción del grano con ayuda de zarandas o cribas con el fin de separar la materia indeseable como grano partido, polvo, piedras, entre otros. Esta etapa se realiza para el proceso del secado sea más efectiva, además que reduce sus costos y menora posibilidad de contaminación por insectos.

4.4. Secado

El secado del maíz se lo realiza con el objetivo de reducir la humedad del grano proveniente lo que previene el crecimiento de hongos y plagas, reduce pérdidas por respiración y disminuye el riesgo de germinación del grano. En esta etapa es importante controlar el contenido de humedad para evitar un exceso de secado, para ello se utiliza un medidor de humedad.

Tigse & Vásquez (2022) indican que existen varios sistemas de secado como son:

4.4.1. Secado al aire libre

Es un método antiguo, consiste en extender los granos de maíz en plataformas o patios que les de la luz solar, es una técnica muy simple y de bajo costo, sin embargo, corre mayor riesgo de contaminación.

4.4.2. Secadoras de flujo continuo

Los granos se introducen en una secadora donde se exponen a un flujo continuo de aire caliente mientras se mueven a través de la máquina, es muy eficiente y se puede controlar la humedad.

4.4.3. Secadoras de Lotes

Los granos se cargan en una cámara o compartimento donde se les aplica aire caliente hasta alcanzar la humedad deseada, en este caso se usan volúmenes pequeños de granos.

4.4.4. Secadoras de aire forzado

Los granos se colocan en un lecho o silo perforado, y se fuerza aire caliente a través de ellos para reducir la humedad, es una técnica en la que se puede monitorear la temperatura, sin embargo, requiere un mayor costo de operación.

4.4.5. Secadoras Solares

Utilizan energía solar para calentar el aire que luego se fuerza a través de los granos. Pueden ser simples estructuras de invernadero o sistemas más avanzados con colectores solares.

4.4.6. Secadoras de torre

Consisten en una torre vertical donde los granos se introducen en la parte superior y el aire caliente se aplica mientras descienden por gravedad.

4.4.7. Secado en lecho fluidizado

Los granos se mantienen en suspensión en una corriente de aire caliente, permitiendo un secado rápido y uniforme.

4.5. Aireación

La aireación es una técnica esencial para el manejo del grano seco, ya que permite enfriarlo y mantenerlo a baja temperatura, posibilitando un almacenamiento prolongado sin afectar la calidad del producto. La clave de su éxito radica en el uso de caudales de aire bajos y más fríos que el grano, creando un ambiente hostil para las plagas y preservando las propiedades del grano.

4.6. Almacenamiento

El almacenamiento prolongado de grano exige condiciones específicas para garantizar su integridad y calidad. En este sentido, cuando el grano se encuentra seco y frío, es decir, óptimo para su conservación, se recomienda implementar medidas de sellado hermético en todas las aberturas del silo, incluyendo bocas de salida y entradas de aire con el fin de evitar la entrada de plagas como insectos y roedores, además minimiza el ingreso de aire caliente proveniente del exterior.

4.7. Monitoreo del grano almacenado

Se debe realizar monitoreos al grano almacenado periódicamente para asegurarse que no exista ningún problema de deterioro. Principalmente se debe monitorear la temperatura ya que su incremento se relaciona también con el aumento de la actividad biológica, se mide a través de termocuplas entre los granos. Otro parámetro para tomar en cuenta es los insectos, se los controla de manera visual en el silo de almacenamiento, la presencia de esta plaga puede causar condensaciones en el techo, y mal olor en el grano, se recomienda colocar trampas para plagas.

5. Referencia

- Arias, Ciro. 1993. "Manual de Manejo Poscosecha de Granos a Nivel Rural." *FAO*. Retrieved June 25, 2024 (<https://www.fao.org/4/x5027s/x5027S01.htm>).
- Barontini, Javier Miguel, Marcelo Alberto Druetta, Ignacio Martin Luna, Ada Karina Torrico Ramallo, Sofía Noemí Chulze, and Maria De La Paz Gimenez. 2020. "Presencia de *Aspergillus Flavus*, Contaminante Del Maíz Con Micotoxinas, En Lotes de Santiago Del Estero, Norte de Córdoba y Este de Tucumán." *Revista Técnica de La Asociación Argentina de Productores En Siembra Directa* : 92- 99. (2020).
- Bernadette, Abadía, and Ricardo Bartosik. 2013. *Manual de Buenas Prácticas En Poscosecha de Granos*.
- Botta, Grisela, and Mirian González. 2012. "Enfermedades Fúngicas, Bacterianas y Antibióticas Del Maíz." *Bases Para El Manejo Del Cultivo de Maíz* 125–50.
- Cardoso, Marcelo, and Ricardo Bartosik. 2015. "Almacenaje de Grano Húmedo: ¿Por Qué Aumentan Los Riesgos?"
- Castro, L., M. Saquero, and J. Beltrán. 2003. "Caracterización Morfológica y Patogénica de *Colletotrichum* Sp . Como Agente Causal de La Antracnosis En *Ñame Dioscorea* Sp . Morphological and Pathological Characterisation of *Colletotrichum* Sp . as Casual Agent of Anthracnose in *Dioscorea* Sp ." *Revista Colombiana de Biotecnología*.
- Deras Flores, Héctor. 2020. "Guía Técnica: El Cultivo de Maíz." *Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura (IICA)*.
- García-Reyes, Viridiana, Alma Rosa Solano-Báez, Santos Gerardo Leyva-Mir, Carlos De León-García de Alba, Johan Rodríguez-Mendoza, Andrés Quezada-Salinas, and Guillermo Márquez-Licon. 2022. "Molecular Confirmation of *Stenocarpella Maydis* Causing Ear Rot of Maize in Mexico." *Journal of Plant Pathology* 104(2):775–79. doi: 10.1007/S42161-022-01053-X/METRICS.

- Hernández-Trejo, Antonia, Benigno Estrada Drouaillet, Raúl Rodríguez-Herrera, José Manual García Giron, Sara Alejandra Patiño-Arellano, Eduardo Osorio-Hernández, Antonia Hernández-Trejo, Benigno Estrada Drouaillet, Raúl Rodríguez-Herrera, José Manual García Giron, Sara Alejandra Patiño-Arellano, and Eduardo Osorio-Hernández. 2019. "Importancia Del Control Biológico de Plagas En Maíz (*Zea Mays* L.)." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(4):803–13. doi: 10.29312/REMEXCA.V10I4.1665.
- Otero, Pilar. 2020. "Plagas y Enfermedades Del Maíz." *AgroHuerto*. Retrieved June 25, 2024 (<https://www.agrohuerto.com/plagas-y-enfermedades-del-maiz/>).
- Padrón, Hadassa, Sanjuana Hernández, César Reyes, and Gricelda Vásquez. 2013. "El Género *Aspergillus* y Sus Micotoxinas En Maíz En México: Problemática y Perspectivas." Retrieved June 25, 2024 (https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005).
- Paliwal, R. L. 2001. "El Maíz En Los Trópicos : Mejoramiento y Producción." *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 376.
- Porras, Ollin. 2024. "Plagas y Enfermedades Del Cultivo de Maíz Con Énfasis En *Fusarium* Spp. En El Valle Del Mezquital, Hidalgo." Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2019. "¿Qué Es La Poscosecha y Por Qué Es Importante?" *Gobierno de México*. Retrieved June 11, 2024 (<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-es-la-poscosecha-y-por-que-es-importante>).
- SENASICA. 2015. "Ficha Técnica: *Fusarium* Spp. (Hypocreales: Nectriaceae), Podredumbre de Raíces." *Senasica* 1–18.
- Tigse, Nataly, and Jorge Vásquez. 2022. "DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE SECADO DE MAÍZ EMPLEADOS EN LAS COMERCIALIZADORAS DE GRANOS DEL CANTÓN QUEVEDO."
- Timm, Newton da Silva, Paulo Carteri Coradi, Lázaro da Costa Corrêa Cañizares, Silvia Naiane Jappe, Cristiano Dietrich Ferreira, and Éverton Lutz. 2023. "Effects of the Storage Temperature and Time of Corn from the Center and Extremities of Corncob on Quality Parameters." *Journal of Cereal Science* 110:103645. doi: 10.1016/J.JCS.2023.103645.
- Torrico Ramallo, Ada Karina, Agustina María Ruiz Posse, Javier Miguel Barontini, Catalina Eugenia Luna, Mariana Ferrer Lanfranchi, Irma Graciela Laguna, Gustavo Guerra, S. Uhart, and Maria De La Paz Gimenez. 2020. "Presencia de Hongos de La Espiga En Híbridos de Maíz de

Córdoba Durante La Campaña 2019/20.” V Congreso de Maíz Tardío, 28 y 29 de Octubre de 2020.

Varón de Agudelo, Francia, Jairo Rodríguez Chalarca, Juan Carlos Villalobos Saa, and José Parody Restrepo. 2022. *Manual de Enfermedades y Plagas Del Maíz*.

Yimer, Arebu Hussen. 2022. “Postharvest Management Practices of Maize in Ethiopia: A Review.” *Agricultural Science Digest* 42(5):521–27. doi: 10.18805/AG.DF-414.

Zou, Kunkun, Yang Li, Wenjie Zhang, Yunfeng Jia, Yang Wang, Yuting Ma, Xiangling Lv, Yuanhu Xuan, and Wanli Du. 2022. “Early Infection Response of Fungal Biotroph *Ustilago Maydis* in Maize.” *Frontiers in Plant Science* 13:970897. doi: 10.3389/FPLS.2022.970897/BIBTEX