



Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo

**Título: Calidad de semillas de *Zea mays* L. en
el Laboratorio Provincial de Ensayos de
Semillas de provincia de Cienfuegos**

Autora: Darietza Valdivies Hdez

Tutor: MSc. Erislandy José Becerra Fonseca

2023

“Año 65 de la Revolución”

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la Provincia Cienfuegos desde marzo del 2020 hasta febrero del 2023. Se utilizó un diseño no experimental con el objetivo de determinar la calidad mostrada por las semillas de maíz recibidas por el Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas Cienfuegos durante el periodo 2010-2021. Las variables semilla pura, materia inerte y germinación, todas en (%), fueron evaluadas utilizando las NC 618 para Ensayos de Semillas Agrícolas-Determinación de la Germinación. Año 2008 (NC 618, 2008), NC 619: Agricultura. Ensayos de Semillas Agrícolas. Determinación de la Pureza, otras especies en número y de la masa. Año 2008 y Norma Ramal del Ministerio de la Agricultura NRAG111: Semilla de Maíz (*Zea mays* L.) *Polinización abierta. Certificación. Año 2009*. De 196 muestras estudiadas en el período hubo siete muestras que no cumplieron con las especificaciones para las categorías establecidas en Cuba respecto a semilla pura, materia inerte y 22 para la germinación, y el parámetro que más incidió en la descalificación de las muestras por variedades fue por semilla pura, materia inerte TGH, MAIG -5461 y Esmeralda y por germinación TGH, P-7928, INIVIT M-4, Canilla, MAIG-5461, Esmeralda y AME-15.

Palabras claves: calidad, variedad, semilla, maíz, producción.

Summary

The present work was developed in the Cienfuegos Province from March 2020 to February 2023. A non-experimental design was used with the objective of determining the quality shown by the corn seeds received by the Cienfuegos Provincial Seed Testing Laboratory during the period. 2010-2021. The variables pure seed, inert matter and germination, all in (%), were evaluated using NC 618 for Agricultural Seed Tests - Determination of Germination. Year 2008 (NC 618, 2008), NC 619: Agriculture. Agricultural Seed Trials. Determination of Purity, other species in number and mass. Year 2008 and Branch Standard of the Ministry of Agriculture NRAG111: Corn Seed (*Zea mays* L.) Open pollination. Certification. Year 2009. Of 196 samples studied in the period, there were seven samples that did not meet the specifications for the categories established in Cuba regarding pure seed, inert matter and 22 for germination, and the parameter that had the most impact on the disqualification of the samples by varieties it was for pure seed, inert matter TGH, MAIG -5461 and Esmeralda and for germination TGH, P-7928, INIVIT M-4, Canilla, MAIG-5461, Esmeralda and AME-15.

Contenido

Introducción.....	3
Problema científico.....	6
Hipótesis científica	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos:	6
Capítulo I. Revisión bibliográfica	8
I.1 El cultivo del maíz, origen, clasificación y distribución geográfica.....	8
I.2 El maíz en Cuba.....	13
I.3 Importancia económica del maíz.....	13
I.4 Clasificación taxonómica del Maíz.	14
I.5 Morfología de la planta de maíz	15
I.5.1 Sistema radicular.....	16
I.5.2 Las hojas.....	16
I.5.3 El tallo	17
I.6 La semilla	18
1.6.1 La semilla. Conceptos o definición	18
I.6.2 Formación de la semilla	18
1.6.3 Formas de reproducción	20
1.6.4 ¿Existen diferencias entre grano y semilla? (Terenti, 2004)	21
1.6.5 Calidad de la semilla	21
1.6.6 Calidad genética.....	23
1.6.7 Calidad fisiológica	24
1.6.8 Calidad sanitaria.....	25
1.6.9 Calidad física.....	25

1.7. Ventajas de la semilla de buena calidad	26
1.8 Categorías de las semillas	27
1.9 Producción de semilla y sistemas de certificación.....	28
- Germinación de la semilla	29
1.10 Normenclatura para evaluar variables de calidad de semillas de diferentes países.....	33
Capítulo II. Materiales y Métodos	35
Capítulo III. Resultados y discusión	37
Conclusiones.....	49
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

Introducción

A nivel mundial EEUU y China se destacan como los principales productores de maíz (*Zea mays* L.) para grano y biocombustibles. México se ubicó como el segundo importador mundial de maíz, después de Japón. En México se siembra principalmente maíz blanco, en grandes extensiones de temporal, sin embargo, en años recientes la producción de maíz amarillo ha repuntado. El maíz nacional en la modalidad de riego mostró mejoras en los rendimientos no así en la modalidad de temporal. (Cruz-Cruz, Portillo-Vázquez, Pérez-Soto, Caamal, & Martínez, 2017)

Cultivos como el maíz se producen en gran escala con el fin de ser destinados como materias primas. El pronóstico de la FAO para la producción agregada de maíz de la subregión en 2017 fue recientemente revisado al alza hasta 29,7 millones de toneladas menor al nivel registrado del año pasado, pero muy por encima del promedio de los últimos cinco años. La revisión es producto de mejores resultados en Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras. El desarrollo de cereales más productivos y nutritivos depende de un sistema de producción eficiente de semillas de calidad. (Herrera, 2021)

En 2023 se mantiene el entorno externo desfavorable observado en 2022 de alta inflación, elevadas tasas de interés, precios del petróleo inciertos, elevados precios de los fertilizantes que repercutirán en aún elevados precios internacionales de los granos y oleaginosas (Puentes, 2023)

En la agricultura la importancia de contar con material vegetativo viable está relacionada con la productividad de determinado cultivo, debido a esto las semillas que mantienen un análisis tanto fisiológico como una certificación que garantice su procedencia y genotipo son las de mayor demanda por los agricultores. Una simiente con atributos será altamente viable, es decir, susceptible de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales. Es esencial para conseguir un buen establecimiento de cultivares y es el primer paso para lograr un cultivo óptimo. Se considera que los atributos de calidad más importantes son: Viabilidad, germinación, vigor y sanidad (FAO, 2019)

El desarrollo de cereales más productivos y nutritivos depende de un sistema de producción eficiente de semillas de calidad. (Herrera, 2021)

Un factor básico para el éxito de la agricultura moderna es la utilización de variedades con potencial para obtener altos rendimientos en granos o forrajes. Para contribuir a este propósito, se han desarrollado técnicas de análisis que permiten evaluar la calidad de las semillas para la siembra (Hernández, Carballo, & Hernández, 2000) las cuales son de interés tanto para la industria semillera como para las instituciones responsables de la certificación, ya que determinan el valor de las semillas para beneficio del agricultor ((ISTA), 2005)

El uso de semillas de calidad constituye una de las inversiones más rentables en la economía de todo agricultor, y justifica ampliamente la investigación en técnicas adecuadas para producir la máxima cantidad de semilla híbrida de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad. La calidad y rendimiento puede ser aumentada con cambios en las prácticas agrícolas, como el patrón de siembra, referido al número de surcos con plantas hembra en relación al de surcos con plantas macho. (García-Rodríguez, Ávila-Perches, & Gámez-Vázquez, 2018)

Una buena semilla es la base de toda producción de un cultivo, dependiendo de su calidad fisiológica esta se define como el conjunto de características deseables, que comprende distintos atributos, referidos a la conveniencia o aptitud para sembrarse.

Al evaluar las características se consideran la mayor parte de atributos deseables. La evaluación de este componente es a través de procesos como las pruebas y porcentajes de germinación, entre otros y demás ensayos para lograr determinar las particularidades en cada lote (Doria, Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento., 2020)

La producción y utilización de semillas de alta calidad resultan ser clave para el éxito de la producción de los cultivos. Por ello, los programas de control de calidad de la industria de semillas deben ser versátiles y dinámicos, proporcionando resultados precisos de manera oportuna (Aranguren, Arango Perearnau, Agüero, Argüello, & Cuatrin, 2023)

Para todo cultivo es imprescindible tener en cuenta los atributos de los granos a sembrar para procurar el éxito. Este es el material de partida para la producción. Es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa para alcanzar el máximo rendimiento.

Afirma (Doria, Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento., 2020) que, las simientes con menores índices de atributos fisiológicos, pierden su valor mermando los niveles de producción. Las evidencias empíricas han demostrado que buenos progenitores permiten obtener excelentes resultados, mientras que lo contrario conduce a consecuencias insatisfactorias. En este punto es necesario recalcar sobre la importancia de la investigación fisiológica, debido a que para obtener una buena producción es imprescindible material genético viable. Por ello pruebas que garanticen su rentabilidad tiene gran utilidad para incrementar la productividad de forma sostenible y sustentable.

La semilla mejorada es tecnología con un valor estratégico ya que permite obtener mayor eficiencia productiva de los recursos: tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, etc. Es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de un progenitor con atributos, dado que una siembra puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca superior a ella (Krzyzanowski, 2009)

Según la Empresas de Semillas Varias Cienfuegos, la importancia de las semillas en el complicado proceso productivo de la agricultura en la provincia es indiscutible, cumpliendo un papel esencial en la cadena agrícola. Las particularidades de las mismas deben ser protegidas constantemente, en todas las actividades de su producción. Dado que son estructuras vivas expuestas a cambios fisiológicos como el envejecimiento y muerte, propios de la naturaleza biológica, es necesario manejar adecuadamente las semillas preservando sus caracteres y manteniendo su potencial de germinación; para lo cual se requiere conocer el estado de calidad post-cosecha de ellas para su uso posterior.

Según (Soto Ortiz, Peña Smith, Concepción, & García, 2014) la Empresa de Semillas Varias de Cienfuegos en el período del 2001 al 2012, manifestó una tendencia a la disminución en el crecimiento de los niveles de producción y un proceso de erosión genética.

Los niveles de las categorías Básicas, Registradas y Certificadas decrecen y las Fiscalizadas se incrementaron de forma sostenida. Los productores desconocían las variedades que empleaban, aunque producían sus semillas. Se producían afectaciones productivas y económicas por su calidad y se declaró la necesidad de capacitación. Los factores que limitaron la producción de las semillas con la calidad requerida fueron las afectaciones por el cambio climático, su comercialización y problemas fitosanitarios.

En la provincia de Cienfuegos son insuficientes los estudios que permitan divulgar a los productores, investigadores, decisores y suministradores la calidad de la semilla de *Zea mays* L. en los años 2010 hasta el 2021, lo que condujo a formular el siguiente problema científico:

Problema científico

¿Cuál será la calidad de las muestras de semillas de *Zea mays* L. recibidas por el Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas de Cienfuegos durante el período 2010-2021?

Hipótesis científica

El estudio de las muestras de semillas de *Zea mays* L. recibidas por el Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas de Cienfuegos durante el periodo 2010-2021 mostrará la alta calidad física de las mismas.

Objetivo general

Determinar la calidad mostrada por las semillas recibidas por el Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas Cienfuegos durante el periodo 2010-2021.

Objetivos específicos:

1. Describir las variables semilla pura, materia inerte y germinación en las muestras de semillas de *Zea mays* L. recibidas en el Laboratorio Provincial

de Ensayos de Semillas de Cienfuegos en el período de los años 2010 a 2021.

2. Identificar las variedades de semillas de *Zea mays* L. que no cumplieron las especificaciones para semillas beneficiadas.

Capítulo I. Revisión bibliográfica

I.1 El cultivo del maíz, origen, clasificación y distribución geográfica.

El maíz está ampliamente distribuido en todo el mundo, ya que se puede cultivar en diversos agroecosistemas, incluidos los trópicos, subtrópicos y regiones templadas. Crece hasta 50° N y S desde el ecuador y a más de 3000 m por encima del nivel del mar. Es un alimento básico para la dieta de la mayoría de los países de América Latina, África y Asia. Además de su alta productividad, presenta una gran diversidad genética con genotipos silvestres y cultivados, lo que lo posiciona en uno de los cultivos más importantes para enfrentar la hambruna mundial (Parihar, et al., 2016)

La historia del maíz se remonta a tiempos ancestrales, cuando los pueblos originarios de América lo cultivaban en sus comunidades. Los antiguos pueblos indígenas consideraban al maíz como una planta sagrada, ya que creían que los dioses habían creado al hombre a partir de esta planta. Con el tiempo, el maíz se convirtió en un alimento básico en la alimentación de muchas culturas prehispánicas, como los mayas, aztecas e incas. Estas culturas desarrollaron técnicas avanzadas de cultivo, como la selección de semillas y la rotación de cultivos, que les permitieron obtener variedades de maíz de diferentes colores, formas y tamaños (Cobos Mora, Gómez Villalba, Hasan Moran, & Medina Litardo, 2020)

El maíz se originó en una parte restringida de México, según (McClintock, Kato, & Blumenschein, 1981) y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas acerca del origen americano del maíz, pues nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492.

De acuerdo con (Wilkes & Goodman, 1995), el maíz surgió entre aproximadamente 800 y 600 a.c., en Mesoamérica (I.E., México, Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de

inviernos secos estacionales en alternancia con las lluvias de verano y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza. Las propiedades anteriores también describen el área mayor ocupada por el género *Tripsacum*.

Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz son que vino de 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teosinte silvestre, o 3) un antepasado desconocido (i.e., ni maíz silvestre ni teosinte). Cada teoría deduce su evidencia apoyándose sobre diferentes campos de investigación, desde la arqueología; análisis bioquímicos, isoenzimáticos y moleculares; citogenéticos, morfológicos, y taxonómicos.

Durante los años sesenta, la idea más apoyada era la del maíz silvestre como ancestro de la forma doméstica. Sin embargo, en los años ochenta la teoría más sostenida en este sentido es la del teosinte como el progenitor de maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra dilucidado y ocurren amplias investigaciones en este sentido.

De acuerdo con lo planteado por Wilkes (1988), México es el centro primario de diversidad genética y la Zona Andina el secundario, donde el cultivo del maíz ha tenido una rápida evolución. De las 50 razas encontradas en México, existen, homólogas en Guatemala 7, 6 en Colombia, 5 en Perú, y 2 en Brasil. Lo que hace que indiscutiblemente México haya sido el centro de difusión de estas, donde alrededor de 27 o más de la mitad de ellas han permanecido como variedades locales endémicas. Wilkes & Goodman (1995), citado por Paliwall, (2001) & Acosta (2009), han resumido en forma de diagrama varios modelos probables para el origen del maíz.

Estos son: I) evolución vertical del maíz moderno a partir de maíz silvestre; II) progresión de teosinte a maíz; III) separación del maíz y el teosinte, originados ambos en un ancestro común, habiéndose separado durante el proceso evolutivo; y, IV) hibridación, habiéndose originado el maíz como un híbrido entre teosinte y una gramínea desconocida (Figura 1). Los últimos informes indican que la

naturaleza anfiploide o tetraploide del cariotipo del maíz agrega un elemento más al enigma del origen del maíz (Figura 2).

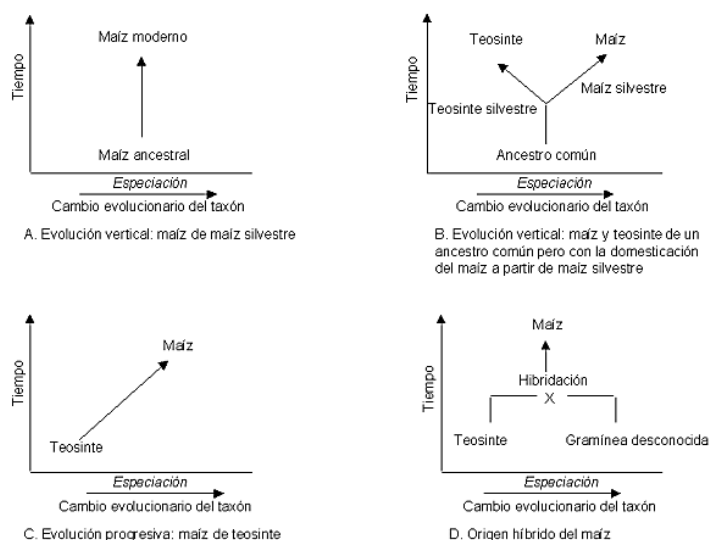


Figura 1. Teorías relacionadas con la evolución del maíz.

Fuente: Adaptado de (Wilkes & Goodman, 1995), citado por (Paliwall, 2001) y (Acosta, 2009).

El examen de los datos revelados por Bat Cave, en combinación con el estudio de las variedades de maíz de México, permiten ver cómo se han originado las razas de este cereal. Empezando con el maíz tunicado primitivo que sin dudas llegó a distribuirse extensamente hace varios miles de años, se desarrollaron distintas variedades de maíz en diferentes regiones. Los principales factores involucrados en la evolución inicial del maíz fueron probablemente un grado relativamente alto de mutaciones y una liberación parcial de la presión de la selección natural, como consecuencia de la intervención del hombre.

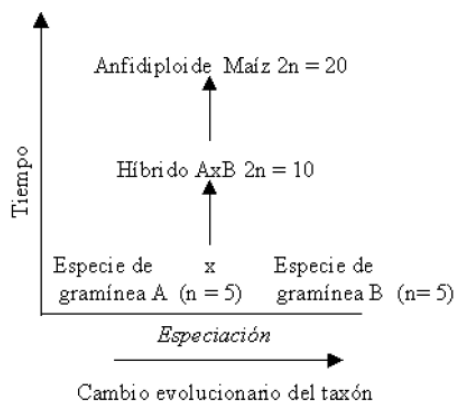


Figura 2. Posible origen híbrido del maíz con duplicación de los cromosomas.

Fuente: (Paliwall, 2001)

Puesto que las mazorcas y granos de maíz primitivo original eran bastante pequeñas, las nuevas variaciones de esta estructura tenderían a orientarse en la dirección de mayor tamaño y no en la de menor. Como consecuencia, la mazorca de maíz ha ido aumentando su tamaño gradualmente durante 4000 años o más (Wellhausen, Roberts, Hernández, & Mangelsdorf, 1987).

(Doebley, 1990) investigó las relaciones filogenéticas de las especies del género *Zea*, a través de estudios isoenzimáticos y moleculares. El análisis reveló que el género está dividido en dos grupos, Lujuriante & *Zea* y que *Zea perennis* y *Zea diploperennis* están altamente relacionados. Cuando el estudio se combinó con análisis de ADN del cloroplasto y la mitocondria, se pudo constatar que las dos categorías deberían separarse como diferentes especies.

La división entre los teosintes anuales de tierras altas (spp. mexicanas) y de tierras bajas (spp. parviglumis) se hizo evidente en los análisis isoenzimáticos. El grupo parviglumis fue el más relacionado con *Zea mays*. Estas evidencias estarían corroborando la teoría del teosinte como ancestro del maíz, siendo el más cercano el teosinte anual de los Balsas (*Zea mays* spp. parviglumis).

La domesticación del maíz a través de la selección resultó en una especie totalmente dependiente del hombre, pues la transformación eliminó por completo las características ancestrales de sobrevivencia en la naturaleza. Además, gran

variabilidad de tipos fue obtenidos, más de 3003 razas y miles de variedades adaptadas a los más diversos ambientes ecológicos y a las preferencias de sus cultivadores.

En el siglo XX, se describía al teosinte como una especie silvestre que crece de forma natural y de aspecto tan diferente a la del maíz que los primeros taxonomistas le adjudicaron un género distinto: *Euchlaena mexicana*. Sin embargo, hoy en día se considera que todos los tipos de teosinte pertenecen al género *Zea* (Degalarreta, Prohens, & Tierno, 2016).

Actualmente, la teoría más aceptada indica que el maíz cultivado hoy, el cual es esencialmente el mismo que los españoles se encontraron al llegar a América en 1492, descende del teosinte Balsas, planta silvestre en los estados de Guerrero y Michoacán (centro sur de México), domesticado aproximadamente hace unos 9000 años. Hay distintos teosintes, anuales y perennes, diploides y tetraploides, todos pertenecientes al género *Zea* (Degalarreta, Prohens, & Tierno, 2016)

Se cultiva en todos los países de América Latina; pero entre ellos se destacan Brasil, México y Argentina. En Europa, este cultivo ocupa el segundo lugar en cuanto a producción, en naciones como Francia, Rumanía y Yugoslavia. Dentro de la producción mundial de granos y cereales, *Z. mays* representa el 40% con 1 026 millones de toneladas en los últimos años (Cerquini, y otros, 2016). No obstante, países como Estados Unidos con 37% y China el 23% son los de mayor producción del grano con rendimientos superiores a las 10 y 6 t.ha⁻¹ respectivamente.

Los factores bióticos y abióticos, afectan entre el 30% y 60% del rendimiento mundial de los granos destinados a períodos de almacenamientos para su uso posterior en la alimentación humana, animal y la producción de semillas (Lesk, Rowhani, & Ramankutty, 2016). Entre estos factores, se hace necesario reducir los valores de humedad presente en los granos en el momento de la cosecha en condiciones mecanizadas, entre el 18% – 20% y en la manual hasta 25%, para su posterior almacenamiento con valores de humedad entre 13% y 14%.

I.2 El maíz en Cuba.

El maíz es una planta muy popular, de gran tradición en Cuba. Se considera uno de los tres cereales, junto al arroz (*Oryza sativa* L.) y al trigo (*Triticum vulgare* L.) que constituyen el suministro de alimentos del mundo (Chirino Gonzales, Valdés, dominguez, Reyes, & Coro, 2019). La siembra del mismo se ha intensificado por constituir un alimento de alta preferencia para la alimentación humana, aunque se ha utilizado como componente básico en las dietas de animales (Berry & Robert, 2013).

Durante el 2019 en Cuba se produjeron 307 mil toneladas métricas de maíz, destinadas al consumo humano y animal, lo que representa el 82,41% del año 2018 en el sector estatal y el 73,01% en el sector no estatal (ONEI, 2020). Sin embargo, los rendimientos para el cultivo del maíz en Cuba no sobrepasan las 2,39 t.ha⁻¹ (ONEI, 2019).

Según (Pedroza, Trejo, Sánchez, Samaniego, & Yanes, 2016) es necesario contar con variedades que contribuyan al aumento de los rendimientos por su mejor adaptación a los diversos agroecosistemas en los que se cultive. El aseguramiento de las mismas en las diferentes regiones del país no es igual, por el insuficiente nivel de producción y la carencia de semillas para garantizar la bio diversificación de esta especie (Villalobos, y otros, 2016). Es por eso que en Cuba se han destinado grandes extensiones de tierras tanto en el sector estatal como en fincas de agricultores, para la implementación de acciones con el fin de promover el mejoramiento de las variedades (Lamz, Cárdenas, Ortiz, Alfonso, & Sandino, 2017).

I.3 Importancia económica del maíz

El maíz, es un insumo base para producir alimentos en la cultura mesoamericana por su sabor y beneficios nutritivos (Echeverría & Muñoz, 1988). La demanda del producto con respecto al cultivo se extiende a nivel mundial (Banco Central del Ecuador, 2021). Por su parte, según Analuisa y col. (2023) como alimento humano es la base de una variedad de formas gastronómicas, que se clasifican de acuerdo

con el estado de desarrollo y maduración del grano al momento de su consumo, también se puede usar el cabello de maíz como diurético si se lo prepara como infusión, si fuera consumido en forma de bebida o como medicina.

La importancia de este cereal se debe fundamentalmente a su amplia distribución geográfica, a las grandes posibilidades que tiene como alimento humano y animal. Además, constituye un componente esencial en los procesos industriales (Pecina, Mendoza, López, castillo, & Mendoza, 2011). También se habla de la importancia del maíz en la alimentación humana debido a la reserva energética del grano. Este contiene aproximadamente 90 % de almidón, 9 % de proteína y pequeñas cantidades de aceites y minerales. Las bajas concentraciones de proteínas y la calidad de estas se halla limitada por la deficiencia de dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano (Gallardo, 2016)

El grano de maíz es el concentrado energético por excelencia para la producción animal. La avicultura, la producción de cerdos y la de ganado bovino de carne y leche se sostienen en gran medida con este cereal. Sin embargo, cada vez más los mercados internacionales exigen que se profundice el destino del maíz para el consumo humano y últimamente se busca diversificar su industrialización para otros usos, básicamente para biocombustible (etanol a partir del almidón) (Rajuet, al., 2017).

I.4 Clasificación taxonómica del Maíz.

El maíz, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Trips acum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*, Paliwall (2001), citado por Acosta (2009).

Taxonomía sistemática del maíz

Atendiendo a la clasificación botánica, el maíz cultivado pertenece al

Reino: Planta

Grupo: Fanerógamas

División: Espermafitas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Glumíferas

Familia: Gramíneas

Tribu: Maydeae

Género: Zea

Especie: Zea mays L.

El maíz que actualmente conocemos es una planta totalmente domesticada por el hombre, incapaz de reproducirse espontáneamente, debido a la indehiscencia de sus semillas. Sin embargo, la reproducción selectiva a la que ha estado sometida por el hombre y la amplia adaptabilidad que se presenta a diferentes condiciones climáticas, han dado lugar a una gran cantidad de variedades de esta especie (Acosta, 2009).

I.5 Morfología de la planta de maíz

El maíz es una planta herbácea de gran desarrollo vegetativo, compuesta de raíz, tallo, hojas y flores. Su dotación cromosómica es $2n = 20$. Fisiológicamente, pertenece al grupo de plantas C₄, lo que unido al dominio del cultivo y a la mejora genética, han dado lugar a un incremento espectacular en el rendimiento de la planta de maíz. Es una planta anual, cuyo ciclo vegetativo puede oscilar entre los 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha, según los ciclos de maduración (Paliwall, 2001).

La planta es monoica y diclina, es decir, posee flores femeninas y masculinas en el mismo pie. Esta separación de los órganos sexuales permite estudiar de manera cómoda y eficaz el comportamiento genético de la especie (Poetig, 1982)

La fecundación de las flores femeninas es parcialmente alógama, con un porcentaje de alrededor del 8% de autogamia, es decir, puede ser fecundada tanto con polen de otra planta como con el suyo propio. La polinización puede ser anemófila, llevada a cabo por agentes naturales (principalmente el viento), o dirigida por el hombre, y se emplea en los métodos de mejora genética (Poetig, 1982).

I.5.1 Sistema radicular

Según Silva, Alfaro & Jiménez (2009), el sistema radicular del maíz sigue la misma estructura que en las restantes gramíneas, así podemos distinguir los siguientes tipos de raíces:

Raíces primarias o seminales: son emitidas por la semilla, y disponen de gran cantidad de pelos absorbentes.

Raíces secundarias o adventicias: son las raíces principales y constituyen casi la totalidad del sistema radicular. Se originan a partir de la corola (punto de crecimiento próximo a la superficie, unido a la semilla por el mesocotilo o rizoma) y surgen de los entrenudos basales subterráneos del tallo, dando lugar a un intenso sistema radicular fasciculado. Puede llegar a medir en profundidad dos tercios de la longitud del tallo, y su misión es netamente absorbente.

Raíces aéreas o de sostén: aparecen en los nudos de la base del tallo, por encima de la corola. Su función es de anclaje, favoreciendo la estabilidad de la planta y evitando los problemas de encamado.

I.5.2 Las hojas

En la planta de maíz encontramos tres clases de hojas vegetativas:

Foliares: se encuentran en cada uno de los nudos del tallo principal. Son alargadas, con borde áspero y algo ondulado. Constan de dos partes, el limbo, que es amplio y laminar, se sostiene por el nervio central y se extiende desde el tallo hacia fuera. La vaina, que abraza al tallo, a la altura del entrenudo; ésta es más delgada y rígida que el limbo, y posee una gruesa nerviación central. El número de las hojas es variable, pudiendo oscilar entre 10 y 30, y presentan una disposición dística y alterna (Alfaro, et al., 2009).

La longitud de cada hoja depende de su posición en la planta, de las temperaturas y de otros efectos del cultivo. También la nutrición mineral, en especial la de nitrógeno, aumenta la superficie foliar total en relación al número de hojas. Dicha superficie también se ve incrementada por fotoperiodos largos y se reduce ante elevadas densidades de siembras, por efecto de la competencia y del sombreado mutuo (Silva, 2009).

1.5.3 El tallo

Acevedo Vergara, et al. (2011), plantea que el tallo es leñoso y de gran porte, que puede medir desde 50 cm hasta 4 m. Está formado por entrenudos más o menos distantes, siendo más cortos los entrenudos en la base del tallo. Tanto el número de nudos como el de entrenudos son variables.

Según el autor antes mencionado también el tallo del maíz es el único de la familia de las gramíneas que posee médula en su interior. Es grosor del tallo puede oscilar entre 2 y 6 cm y disminuye en sentido ascendente. Su sección es circular, aunque va sufriendo una depresión desde la base hasta el nudo de inserción de la mazorca, siendo máximo en dicho nudo. Desde ese punto hasta el pedúnculo de la inflorescencia masculina, la sección vuelve a ser circular. El pedúnculo de inserción de la mazorca en el tallo es relativamente corto, dependiendo de cada variedad.

A partir de las 4 semanas siguientes a la germinación, aproximadamente, aparecen en el tallo los nudos y entrenudos y se diferencia interiormente la inflorescencia masculina. Después los entrenudos van distanciándose entre sí

dando altura a la planta y van distinguiéndose unos pequeños abultamientos laterales que son el esbozo de las espigas que darán lugar a las mazorcas. De los nudos más cercanos a la base pueden nacer tallos secundarios o hijuelos que no suelen producir mazorcas, o en el caso de producirlas suelen abortar. Mediante la mejora genética se ha conseguido que el maíz no produzca hijuelos, para evitar competencias en la planta (Poetig, 1982)

I.6 La semilla

1.6.1 La semilla. Conceptos o definición

El fruto del maíz, al igual que el del resto de las gramíneas se le denomina cariósipide, y es seco e indehisciente. Se clasifica como grano desnudo, es decir, las glumillas que lo protegen se desprenden del mismo espontáneamente. La coloración característica del grano de maíz, viene dada por la pigmentación de la capa más externa del albumen, de base proteica, llamada aleurona; las capas internas del endospermo suelen ser de pigmentación amarilla o blanca (Poetig, 1982). La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica. (Doria, 2010)

Es el óvulo fecundado, transformado y maduro. Constituye el órgano de dispersión y perpetuación de las angiospermas y representa la culminación de la evolución reproductiva de las plantas. (Courtis, 2013)

I.6.2 Formación de la semilla

Las semillas es un óvulo maduro fecundado que durante su formación y desarrollo se pueden diferenciar dos etapas: embriogénesis zigótica y maduración. En la embriogénesis zigótica ocurre la formación del embrión y en

la maduración de las semillas existe un almacenamiento de reservas y adquisición de la tolerancia a la desecación (De Smet, et al., 2010).

La embriogénesis zigótica comienza con la fecundación del ovulo por medio de la polinización a través del tubo polínico, en angiospermas ocurre la doble fecundación en la cual primero se forma el cigoto ($2n$) y posteriormente el endospermo triploide. (Dumas & Rogowsky, 2008) En la embriogénesis temprana existe una mayor actividad mitótica en el embrión, en el cual se establecen los ejes basal-apical, radial y la simetría bilateral.

La anterior fase tiene lugar el proceso de histo diferenciación y formación del conjunto de células precursores de los meristemos apicales (Matilla, 2008).

En esta etapa el endospermo crece mucho más rápido debido al aumento celular ocasionado por múltiples divisiones nucleares, por lo general el endospermo es el que define el tamaño de las semillas (Friedman & Ryderson, 2009) Los integumentos del óvulo originan la testa, cuya función es proteger al embrión de daños físicos o mecánicos (Finch & Leubner, 2006).

La maduración de la semilla tiene inicio en la embriogénesis tardía cuando ha finalizado el proceso de morfo génesis del embrión, en esta etapa se produce la síntesis y almacenamiento de sustancias de reserva, tolerancia a la desecación y se induce la dormición (Holdsworth, et al., 2008). Durante el almacenamiento de reservas se acumulan: minerales, carbohidratos, lípidos y proteínas que son fundamentales durante la germinación (Baudet, al., 2002).

La síntesis de proteínas “LEA’s” está asociada a la tolerancia a la desecación (Hinch & Thalhammer, 2012). Las proteínas LEA’s son intrínsecamente desordenadas (IDPs) en estado hidratado, el cual cambia cuando se encuentran en un estado de estrés (deshidratación o congelación) adquieren una estructura más ordenada. Son indispensables en la protección de enzimas y en la estabilización de las diferentes membranas de la célula durante la deshidratación (Hinch & Thalhammer, 2012). El proceso de maduración finaliza con la adquisición de la dormición (Holdsworth, et al., 2008).

Durante la acumulación de minerales, carbohidratos, lípidos y proteínas se reduce el contenido de humedad al sustituirse el agua por las reservas almacenadas (Bradford, 2004). Conforme hay un almacenamiento de materia seca la cantidad de agua disminuye, que es proporcional al aumento de nutrientes (Blasiak, et al., 2006). Los carbohidratos, lípidos y proteínas son las principales reservas almacenadas por las semillas (Taiz & Ceiger, 2010)

En cuanto a los carbohidratos el almidón se encuentra presente principalmente en las semillas. Entre los carbohidratos almacenados están la hemicelulosa, en semillas fisiológicamente maduras se encuentran algunos oligosacáridos y azúcares. Los cuales se emplean en la respiración al inicio de la germinación (Peterbauer & Richter, 2001) La testa: es una capa protectora del embrión contra el ambiente externo. La función protectora de la testa se debe a una cutícula externa e interna y una o más capas de células que brindan protección (Bewley, et al., 2013)

1.6.3 Formas de reproducción

El mecanismo fundamental para la perpetuación de una especie es la reproducción, esto es, que cada individuo, llegado a su edad adulta, origine otro u otros individuos o descendientes que darán continuidad temporal a esa especie.

En las plantas es frecuente que existan dos tipos o sistemas de reproducción la reproducción sexual y la asexual. (Troiani, Prina, Muiño, Tamame, & Beinticenco, 2017)

La reproducción sexual está ligada a la meiosis y a la sexualidad, ya que mediante esta división se originan células especializadas, las gametas, que contienen la mitad del número de cromosomas de las células somáticas, o sea n ; presentan sexualidad ya que existen gametas femeninas y masculinas dentro de cada especie, que están destinadas a fusionarse (singamia) para originar la primera célula diploide o somática de un nuevo individuo: el cigoto ($2n$)

La reproducción asexual (también llamada reproducción vegetativa, agámica) está ligada a la mitosis; consiste en la producción de descendientes a partir de tejidos somáticos ($2n$), evitando completamente los procesos sexuales y la formación de gametas (n). Es una forma de multiplicación de los individuos en una población pero sin aumentar la variabilidad

1.6.4 ¿Existen diferencias entre grano y semilla? (Terenti, 2004)

Desde el inicio de la agricultura, el hombre conoció que el grano servía para la alimentación y para la propagación de la especie. Debido a esa doble función la semilla ha sido un material muy valioso en la supervivencia de la especie humana. La semilla no sólo es algo que sirve para propagar la especie o un insumo. Dados los avances en las ciencias básicas y aplicadas, la semilla en realidad se constituye en una tecnología esencial e imprescindible de la producción.

La semilla mejorada es tecnología con un valor estratégico ya que permite obtener mayor eficiencia productiva de los recursos: tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, etc. Esto la diferencia del grano, que es producto de aquélla. En otros términos, podemos afirmar que, suelo más fértil, agua abundante, mejores productos fitosanitarios, pierden su valor en ausencia de una buena semilla. Esto pone a la misma en una posición clave para incidir en la producción. Las evidencias empíricas han demostrado que las semillas de buena calidad permiten obtener buenos resultados, mientras que lo contrario conduce a resultados insatisfactorios o fracasos. Por esa razón en esta nota intentaremos precisar el concepto de calidad de la semilla y lo que comprende (Terenti, 2004)

1.6.5 Calidad de la semilla

La calidad es un concepto basado en la evaluación de características importantes para los distintos sectores de la industria semillero: semilleros, productores, acopiadores, comerciantes y organismos de control (BIAGRO, 2007). La expresión de atributo del grano refleja el valor global que este tiene y para la cual fue producida, y no se le da la importancia que tiene.

Hampton (2001), define esta propiedad como grado o padrón de excelencia, entonces le confiere ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. La calidad de granos es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas, entre otras las relacionadas con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal. En general se puede ver desde dos puntos de vista:

Para muchos agricultores, semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras. Es una mezcla de propiedades físicas, fisiológicas, morfológicas y ambientales. Dicho concepto se refleja para muchos laboratorios de examen de simientes, entre 80 y 90% de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación (Mérola, 2012).

Constituyen un conjunto de estrategias técnicas y procedimientos estándares empleados a nivel de campo y fase para la cosecha para producir, controlar y mantener la calidad de la semilla durante el proceso de producción. Durante esta fase interaccionan los componentes genéticos, fisiológico, sanitario, y físico (Fuentes López, 2019)

Según Moreno (1996), los atributos de calidad son: genético, físico, fisiológico y sanitario. Dentro de lo genético, el componente más importante es la pureza varietal, que garantiza la autenticidad del material obtenido, así como la esencia de mezcla física, con progenitor de otra variedad o cruzamiento genético. Para las características físicas incluye características cuantitativas (el peso y tamaño) como cualitativas (el color y forma). Para el fisiológico incluye los atributos de viabilidad, capacidad de germinación y vigor. El sanitario está dado por la sanidad de las semillas, tales como estar libres de microorganismos (hongos, bacterias, virus y nematodos) tanto externos como internos.

La máxima calidad llega con madurez fisiológica, donde el contenido de humedad aún es excesivo para la cosecha.

A partir de este estado comienza el envejecimiento o deterioro de la simiente, que se acentúa cuando por algún motivo se dilata la recolección de los granos

y estos quedan expuestos a condiciones ambientales desfavorables. Si además se almacenan en ambientes con excesiva humedad y alta temperatura el deterioro puede acentuarse y provocar bajas en la aptitud, comprometiendo la densidad de plantas e influyendo directamente en la productividad. (De Pablo, Daulerio, Ressia, & Martinez, 2016)

La producción de semillas en pequeña escala no se debe confundir con la práctica tradicional del agricultor de guardar simientes de la cosecha anterior para

la siguiente siembra. Así sea en pequeña escala, su producción requiere de un conjunto de operaciones con fundamentos científicos. Es decir que requiere un grupo humano (empresa) especializado en su manejo. La diferencia con la producción en gran escala radica en el menor tamaño de la operación, lo que implica la utilización de una infraestructura y equipos acordes con la cantidad de granos que se maneja y la utilización de recursos y materiales locales, según cita (Barahona Lara, 1996)

La calidad es un elemento esencial a considerar en la producción de semillas, tanto para evitar la contaminación y garantizar que cumplan con los estándares de características requeridas, como para obtener los volúmenes productivos adecuados aprovechables (Antuna G, F, Gutiérrez del Río, Ruiz Torres, & Bustamante García, 2003). Una simiente de vigor contribuye a una mayor eficiencia varietal productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme, en diferentes condiciones ambientales (Pérez, et al., 2006).

1.6.6 Calidad genética

Se produce en la etapa del mejoramiento genético. Los trabajos de cruzamiento, selección y las redes de verificación que han desarrollado los centros especializados en mejoramiento genético (públicos y privados), están orientados a obtener variedades e híbridos de mayor productividad, precocidad,

adaptabilidad, calidad del grano, mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes. (Terenti, 2004)

Obtenida una nueva variedad o híbrido comienza la etapa de multiplicación bajo normas estrictas de aislamiento, eliminación de plantas fuera de tipo y verificación permanente que permitan asegurar la identidad y pureza genética evitando la degeneración o dilución del genotipo. En este momento se le asigna un nombre y es liberada para su aprovechamiento por parte del productor, quien debería elegir aquellas variedades que probadamente producen más en su zona y comprobar que la semilla coincida con el rótulo de la bolsa.

Constituye el primer componente esencial de la calidad total de la semilla. El impacto de este componente está en su capacidad de producir plantas con las mismas características genéticas a través del tiempo. Esta calidad comprende la pureza varietal, homogeneidad, potencial de productividad, resistencia a insectos y enfermedades, precocidad y calidad del producto. (Garay, 1989)

Representa al descriptor con las características propias de las variedades (Fuentes López, 2019)

1.6.7 Calidad fisiológica

Es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas.

En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad para dar una planta normal y vigorosa. Cuando nos decidimos a sembrar "debemos preguntarle" a la semilla cerca de qué extremo se encuentra: de la máxima vitalidad o de la muerte. Esta pregunta se responde en los laboratorios de análisis de semilla con pruebas específicas de germinación y vigor. Antes de sembrar se deberá comprobar que la semilla coincida con el rótulo de la bolsa y analizar su calidad en un laboratorio cercano. (Terenti, 2004)

Se define como la capacidad que posee la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. Una buena calidad fisiológica implica integridad de estructuras y procesos fisiológicos que le permiten a la semilla mantenerse no solo viva sino con alto índice de vitalidad. (Garay, 1989)

Es el equivalente al disponer de máximo porcentaje de germinación y vigor (Fuentes López, 2019)

1.6.8 Calidad sanitaria

Las actividades de investigación y desarrollo de variedades o híbridos son capaces de incorporar características de resistencia y tolerancia a enfermedades. Estas actividades se deberán complementar en la etapa de producción de semilla utilizando semilla original sana, sanidad de los lotes de producción, rotación de cultivos, aislamiento, tratamiento de la semilla, acondicionamiento y almacenamiento adecuados (Terenti, 2004)

Las semillas deben poseer resistencia o tolerancia a ciertas enfermedades para proteger y mantener su calidad. La sanidad de la semilla comprende la presencia o la ocurrencia de hongos, bacterias, virus, nemátodos, insectos y otros. (Garay, 1989)

Se considera que una semilla limpia de patógenos para que no puedan ser transmisores de enfermedades (Fuentes López, 2019)

1.6.9 Calidad física

Se la asocia con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades. Siendo exigente en la calidad física podemos evitar la diseminación de enfermedades, insectos y malezas. A la hora de regular la sembradora, la uniformidad de tamaño también nos ayudará. (Terenti, 2004)

La calidad física se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla; estos contaminantes pueden ser materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, y semillas de otros cultivos. La condición física esta caracterizada por el contenido de humedad, tamaño, color, densidad, apariencia y dalles mecánicos. (Garay, 1989)

Semillas con menor daño físico tales como fractura, impurezas, entre otros (Fuentes López, 2019)

1.7. Ventajas de la semilla de buena calidad

(Karen, 2000) menciona las siguientes ventajas de la semilla de buena calidad:

- Mejor condición para el almacenamiento
- Desperdicio mínimo de la semilla
- Plantas uniformes en espacios acondicionados como los viveros
- Mayor acierto en la producción de plantas
- Posibilidades de desarrollar producción avanzada de plantas
- Mejora en técnicas y métodos de plantación.

Según (Fuentes López, 2019),1 Son varios los elementos que describen las ventajas de contar con una semilla de calidad y que un agricultor debe disponer antes del proceso de la siembra. Entre estos elementos se destacan:

- Certeza de las características agronómicas propias de la variedad
- Semillas libres de malezas, plagas y enfermedades que pueden afectar la calidad de la semilla y constituir fuente de inóculo para posterior infestación a nivel de campo.
- Semillas con mínimo del 85% del porcentaje de germinación y vigor que garantice un óptimo de población establecida en campo.
- Contribuye a mejorar los rendimientos y uniformidad de la población.

1.8 Categorías de las semillas

La Gaceta Oficial No.57 Ordinaria de 12 de agosto de 2020, en su Artículo 51, describe:

“En el proceso de producción y certificación de semilla de los diferentes cultivos, se establecen las categorías siguientes”: (MINJUS, 2020)

- a) Semilla Básica.
- b) Semilla Registrada.
- c) Semilla Certificada.
- d) Semilla Fiscalizada.
- e) Semilla Autorizada A.
- f) Semilla Autorizada B.
- g) Semilla Autorizada C

Clasificación que se otorga a las semillas en términos de procedimientos, factores y niveles de calidad conforme a la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, que reconoce las categorías Básica, Registrada, Certificada, Habilitada y Declarada (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS)., 2020)

Según, (Gómez Díaz, 2017), comprende las categorías.

Semilla genética

Semilla original resultante del proceso de mejoramiento genético capaz de reproducir la identidad de un cultivar o variedad, producida y mantenida bajo el control directo de su obtentor, o bajo su dirección o supervisión por otro fitomejorador, en su nombre

Semilla básica

Semilla obtenida a partir de la semilla genética, sometida al proceso de certificación; que cumple con los requisitos establecidos para la categoría en el reglamento específico de la especie o grupo de especies correspondientes.

Semilla registrada

Semilla obtenida a partir de la semilla genética o de fundación, sometida al proceso de certificación; que cumple con los requisitos mínimos establecidos para la categoría en el reglamento específico de la especie o grupo de especies.

Según, (MINAG, 2009), comprende

En la reproducción de semillas de maíz con polinización abierta se autorizan 4 categorías de semillas:

• Básica. • Registrada • Certificada. • Fiscalizada.

Semilla Fiscalizada: Es la que se produce sin seguir el esquema de reproducción establecido para el cultivo, pero que conserva su identidad genética y se ajusta a los índices de calidad normados. La fuente inicial de la semilla Fiscalizada puede ser cualquier categoría de semilla aprobada por el Servicio de Inspección y Certificación de Semillas (S.I.C.S.) en la que se reconozca su identidad varietal y cumpla los índices de calidad normados. La semilla Fiscalizada puede utilizarse como fuente para producir esta misma categoría, lo que será determinado por el S.I.C.S. al emitir el Certificado Oficial de Calidad

1.9 Producción de semilla y sistemas de certificación

El propósito de la certificación de semilla es mantener y preservar la pureza genética y la identidad de las variedades liberadas tal y como fueron descritas

y confirmadas por la entidad oficial que las liberó. Las normas y leyes que rigen la certificación de semilla son establecidas por las entidades reguladoras nacionales y por lo general se apegan a los estándares (CIMMYT, 2020)

- Germinación de la semilla

La germinación se define como la serie secuenciada de eventos morfogénicos que resultan en la transformación de un embrión en una plántula. Dicho proceso involucra la división y expansión celular y la formación de órganos del cultivar, como hojas, tallos y raíces (Flores, 2004). En laboratorio se define como la emergencia y desarrollo del embrión, con todas sus estructuras esenciales para cada especie a la que pertenece, son indicativos de la capacidad de producir una planta normal bajo condiciones favorables (AOSA, 2011).

Es la emergencia y progreso de la misma, con sus estructuras esenciales, indica sí cuenta o no con la capacidad de desarrollar la planta en condiciones favorables y condiciones de campo. Determina el potencial de un lote de semillas, que luego puede ser utilizado para comparar la calidad de los diferentes lotes y también estima la siembra en el campo (ISTA, 2011).

El proceso de germinación se inicia con la toma de agua por la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de ésta atraviesa las estructuras envolventes que la rodean. En el caso de las endospermicas (como las de las gramíneas), la resistencia que oponen estas estructuras (testa y endospermo) al embrión es tan grande que para que se produzca la emergencia es necesaria la degradación enzimática de varias zonas de dichas estructuras. Una vez que la simiente se ha formado mediante la embriogénesis, paraliza su desarrollo durante un período de tiempo, acumula sustancias nutritivas en los órganos de reserva y, finalmente, se deseca, dispersa y, cuando las condiciones del medio son favorables para germinar, inicia la regeneración de la planta madre (Azcón, et al., 2013).

La disponibilidad de nutrientes en estas zonas permite su crecimiento en tamaño por medio de divisiones celulares. La radícula es la primera estructura del embrión que emerge de la semilla, atravesando el micrópilo y perforando la

testa. Además de crecer en longitud, desarrolla pelos radiculares laterales que aumentan su superficie de absorción de agua, al tiempo que comienzan a anclar el embrión al sustrato. Seguidamente se alarga el hipocótilo, empujando a la plúmula y demás partes aéreas de la plántula hacia la superficie. A partir de aquí, se pueden dar dos maneras distintas de germinar, en función de la posición en que queden los cotiledones, según Seguí, (2010).

Durante la germinación se reactiva la proteinosíntesis y otros procesos metabólicos, las membranas vuelven a adquirir su permeabilidad diferencial y el DNA es reparado para reanudar sus funciones génicas. La emergencia de la radícula es una consecuencia de la elongación, y no de la mitosis, y se lleva a cabo porque los tejidos que la rodean sufren un proceso de «ablandamiento» provocado por el desmantelamiento de la estructura de la pared celular. Los niveles, la sensibilidad tisular y la señalización de varias fitohormonas cambian drásticamente durante estos procesos secuenciales, de lo que se deduce que están relacionadas con ellos (Matilla, 2008).

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es de vital importancia para el hombre, ya que la mayoría de las especies cultivadas como los cereales son propagadas a partir de semillas sexuales (Russo, y otros, 2010)

Las causas de la germinación reducida según la FAO (1985) pueden ser:

- ☐ Semillas viejas.
- ☐ Condiciones desfavorables para la germinación.
- ☐ Semilla dañada (en trilla, limpiado, transporte).
- ☐ Semilla dura (leguminosas de grano).
- ☐ Alto contenido de humedad de la semilla almacenada.
- ☐ Temperaturas altas en el secado (superiores a 40°C).

□ Contaminación por enfermedades nocivas o plagas

Semilla Pura: Se refiere a la fracción encontrada de forma predominante en una muestra, libre de materia inerte y de semillas de otras especies. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; SNICS, 2020)

Materia inerte: Son todas aquellas semillas que no cumplen con la definición de semilla pura; así como piedras, tierra o estructuras vegetales presentes en la muestra de trabajo. (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS)., 2020)

Germinación: Capacidad de las semillas para desarrollar estructuras esenciales que indican su capacidad para desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables en campo. (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS)., 2020)

- **Vigor de la semilla**

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de una o de un lote durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas de bajo vigor ((ISTA), 2005); (Salinas & Yoldjan, 2014) . Los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las simientes incluyen:

- a) Tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas;
- b) Comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas;
- c) Comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

El vigor de los granos se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote, incluyéndose: 1) cambios en los procesos bioquímicos; 2) la tasa y

uniformidad de germinación y crecimiento de las plántulas y 3) la germinación o capacidad de emergencia de las semillas al ser expuestas a condiciones de estrés (Ferguson, 1995 & Navarro et al., 2012).

Salinas, et al. (2014), en su estudio “Pruebas de vigor y calidad fisiológica en semillas de soja”, demostró que los lotes de semillas que muestran una elevada germinación en laboratorio, pero liberan grandes cantidades de electrólitos, luego de la inmersión en agua, son considerados de bajo vigor, presentando el lote de semillas un bajo desempeño en condiciones de estrés. Contrariamente, lotes con una alta germinación y baja liberación de electrólitos son considerados de alto vigor y con mejor capacidad para soportar condiciones de estrés.

- Viabilidad de semillas

Bonner (1985), define viabilidad como el estado de la capacidad de gestación, crecimiento y desarrollo subsiguiente de la plántula. Plantes Willian (1991) que existen varios métodos para evaluarse como lo son, el ensayo de corte, estudio de cloruro de tetrazolio, prueba de escisión del embrión, rayos X y pruebas de germinación; este último es el método más práctico y seguro para evaluar la aptitud. El más sencillo para determinar la viabilidad es la inspección visual directa de las simientes, previamente abiertas con un cuchillo o escalpelo. Si el endospermo tiene un color normal y el embrión está desarrollado, el grano tiene muchas posibilidades de germinar.

La viabilidad de un lote de semillas, no durmientes, hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. El vigor de un lote de semillas se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor (Garcia & Villamil, 2001) La capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo a considerar para evaluar su calidad y potencial; sin embargo, por sus características biológicas y físicas, que repercuten en el valor comercial, resulta indispensable considerar otros

aspectos importantes, relacionados con su viabilidad, manejo y comercialización. Entre estos aspectos está la pureza física y varietal, el vigor y el contenido de humedad de las simientes (Moreno, 1984).

El hecho de que un grano no germine no siempre quiere decir que se trate de una simiente muerta. A menudo, en semillas hortícolas, se recurre a ensayos de germinación para determinar la viabilidad de un lote. Esto se debe a que existen simientes viables que pueden estar afectadas por algún tipo de dormición que impida su emergencia. Las viables tienen la capacidad de transformarse en plántulas aceptables, incluso bajo condiciones no favorables. El vigor se puede definir como el potencial o capacidad y emergencia de la plántula. Los granos de alto vigor se conservan más tiempo, germinan más rápido y resisten condiciones adversas. Rodríguez, Adam & Durán (2008).

I.10 Normenclatura para evaluar variables de calidad de semillas de diferentes países

Los diferentes países establecen y se acogen a normas para la certificación de semillas

Variables	NRAG111:2009 Semilla de Maíz (Zea maíz L.) Polinización abierta. Certificación.			
	Básica	Registrada	Certificada	Fiscalizada
Semillas Puras Mínimo %	99	99	98	98
Materia Inerte Máximo %	1.0	2.0	2.0	2.0
Germinación %	85	85	80	75

Fuente: (MINAG, 2009). Cuba

Variables	Resolución exenta N°: 2937/2022	
	Pre-Básica y Básica	Certificada 1 ^a Generación
Semillas Puras Mínimo %	98	98
Materia Inerte Máximo %	2	2
Germinación %	No Aplica	90

Fuente: (Ministerio Agricultura Gobierno de Chile, 2022). Resolución exenta N°: 2937/2022

Variables	Instituto Colombiano Agropecuario		
	Basíca	Registrada	Certificada
Semillas Puras Mínimo %	98	98	98
Materia Inerte Máximo %	2	2	2
Germinación %	80	80	80

Fuente: (Ministerio de la Agricultura, 2015). Colombia

Variables	Registrada	Mexico	
		Certificada	Habilitada
Semillas Puras Mínimo %	99	99	95
Materia Inerte Máximo %	1	1	5
Germinación %	90	90	80

Fuente: (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS)., 2020). México

Capítulo II. Materiales y Métodos

Localización de la investigación

El estudio se realizó en el Laboratorio Provincial de ensayos de semillas de Cienfuegos desde marzo del 2020 hasta febrero del 2023, el mismo está ubicado en la Calle Real # 214, cuadrante cartográfico 48-124-092 poblado Caunao, municipio y provincia Cienfuegos. Se trabajaron con los datos de los análisis de las muestras de semillas recibidas por el laboratorio durante el periodo de 2010 hasta el 2021, que se encontraban en el registro manuscrito del mismo y fueron procesados en Microsoft Excel. La procedencia del grano fue de los municipios Lajas, Palmira, Cienfuegos, Cruces, Abreus, Aguada y Cumanayagua de la provincia Cienfuegos, también se analizaron de Ciego de Ávila y Santi Spíritus, todas áreas certificadas para la producción de semillas.

Parámetros evaluados:

Se realizó a través de las siguientes variables:

Semilla pura, %

Materia inerte, %

Germinación, %

Todas establecidas en las siguientes normas:

- NC 618 para Ensayos de Semillas Agrícolas-Determinación de la Germinación. Año 2008 (NC 618, 2008).

- NC 619: Agricultura. Ensayos de Semillas Agrícolas. Determinación de la Pureza, otras especies en número y de la masa. Año 2008

- Norma Ramal del Ministerio de la Agricultura NRAG111: Semilla de Maíz (*Zea mays* L.) *Polinización abierta. Certificación. Año 2009*

Además, se tuvo en cuenta el tipo de suelo según la clasificación vigente en Cuba (Hernández,2015) de las fincas proveedoras de las semillas de maíz para su evaluación.

Las especificaciones para la valoración de la calidad de las semillas del maíz, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla1. Especificaciones para las semillas beneficiadas (%)

Factores	Básica	Registrada	Certificada	Fiscalizada
Semilla Pura (Mínimo)	99.0	99.0	98.0	98.0
Materia Inerte (Máximo)	1.0	2.0	2.0	2.0
Germinación (mínimo)	85	85	80	75

Fuente: NRAG111:2009 Semilla de Maíz (Zea maiz L.) Polinización abierta.
Certificación

La comparación de la calidad de las semillas por campañas se realizó mediante la prueba de U de Mann Whitney para una $P \leq 0,05$.

Todos los análisis estadísticos se realizaron el programa IBM.SPSS v 20.

Para definir las principales variedades que no cumplieron las especificaciones para semillas beneficiadas, se revisó el listado de muestras rechazadas, el mismo contempló nombre de las variedades, cantidad de muestras rechazadas, indicadores que se incumplieron, año.

Con los parámetros evaluados se clasificó las semillas en: Básica, Registrada, Certificada , Fiscalizada y Sin categoría.

Capítulo III. Resultados y discusión

En la actualidad, la agricultura enfrenta las modificaciones al ambiente por efecto del cambio climático, que, de manera particular, modifica la temperatura, la radiación y la precipitación pluvial, los cuales afectan negativamente la producción (Arce - Romero, Monterroso Rivas, & Palacios Mendoza, 2018). Se considera que una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático es el uso de la diversidad genética de las variedades nativas, debido a que están adaptadas a condiciones adversas, y comúnmente enfrentan diversos tipos de estrés, ocasionados por factores bióticos y abióticos (Rincon & Ruis, 2017).

Llevar a cabo la Selección Participativa de Variedades se ha convertido en una fuerza motivadora para la investigación agrícola y el desarrollo rural. Este enfoque permite considerar las condiciones agroecológicas y las prácticas culturales de las zonas metas; el conocimiento local y las preferencias de los productores de estas zonas; así como las preferencias y requerimientos de los otros actores de la cadena productiva. Programas en diversos países han demostrado la eficacia de este método (Hunde & Tefera, 2018). En Cuba se ha utilizado exitosamente en el frijol (Morejon, Díaz, Díaz, Pérez, & Yspan Pedrera, 2014), (Moya López, Orozco Crespo, Lombeida García, & medina litardo, 2016), (Alvarez Kile & Rodriguez Montes, 2018) .

En el periodo se recibieron 13 variedades con un total de 196 muestras, como se muestra en la Tabla 2, las mismas se reportan en el registro con un buen desarrollo y evolución de las plantas durante su etapa evolutiva. Los granos provenientes de diferentes lugares dentro de los municipios de la provincia de Cienfuegos y las provincias de Ciego de Avila y Sancti Spiritus, que estaban adaptadas a las condiciones edafoclimáticas según los informes recibidos de los especialistas de sanidad vegetal territoriales. En la misma se muestra la cantidad de variedades que se recibieron a lo largo del periodo analizado.

Tabla 2. Muestras recibidas por variedades en el periodo (2010-2021)

Variedades	AÑOS											Total
	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
TGH	26	13	5	4			1		1		4	54
Rosita	2										2	4
P-7928		5	9	10	1	5		1		4		35
H-Rabi			1									1
INIVIT M-4				1		2	1					4
HST-991					1		5					6
Canilla						1	2					3
MAIG-5461						1	7	8	16	29	16	77
Gibara							1					1
Esmeralda									2	2		4
Escambray									1	1		2
Tuzon										1	2	3
AME-15											2	2
Total	28	18	15	15	2	9	17	9	20	37	26	196

A pesar que estos últimos años fueron de pandemia la producción siguió una línea de tendencia ascendente, por lo que coincide con lo referido por (Díaz-Canel Bermúdez & Núñez Jover, 2020), quienes plantean que, el enfrentamiento a la COVID-19 trajo consigo algunos aprendizajes que enriquecen experiencias futuras. Se ha confirmado la capacidad y la conveniencia de lograr una estrecha colaboración entre los científicos y el Gobierno; si a algo tenemos que ponerle todo el pensamiento y llevarlo a una concepción distinta a lo que hemos venido haciendo, es a la producción de alimentos.

Las muestras que más se recibieron durante el período fueron de la variedad MAIG-5461, TGH y P-7928, con 39,28 %, 27,55 % y 17.86 %, respectivamente. Estas proporciones coinciden con la mayor aceptabilidad por los productores en el territorio evaluado.

Hay variedades que por sus características no perduraron a través del tiempo para ser utilizadas como simiente vegetal en los territorios, como fueron las variedades Rosita con 2,04 % (años 2010 y 2021), Gibara con 0,51% (2017) y Escambray con

1,02 % (años 2019 y 2020). Estos datos no son concluyentes por la fuerte tradición que tiene el mercado informal de semillas.

Las semillas proceden de suelos pardos con carbonatos y ferralíticos rojos según muestra la Tabla 3, debido a que los productores seleccionados para la producción de semillas se encuentran en áreas con este tipo de suelos. Los estudios edafoclimáticos demuestran que estos suelos poseen mejores condiciones para el desarrollo del cultivo. En la Provincia Cienfuegos estos suelos se concentran en mayor medida en los municipios, Abreus, Lajas, Cruces y Palmira.

Tabla 3. Proveniencia de las muestras de semillas del 2010 – 2021

Variedad	Origen	Municipio	Tipo de suelo
TGH	CCS José Martí	Lajas	Pardo con carbonato
	CCS Mártires Bolivia	Palmira	Pardo con carbonato
	CCS Manuel Ascunce	Cienfuegos	Pardo con carbonato
	CCS Abel Santa María	Lajas	Pardo con carbonato
	CCS Antonio Maceo	Cruces	Pardo con carbonato
	Agropecuaria Espartaco	Palmira	Pardo con carbonato
	CCS Camilo Cienfuegos	Palmira	Pardo con carbonato
	Cienfuegos	Cienfuegos	Pardo con carbonato
	Santa Martina	Cienfuegos	Pardo con carbonato
	CCS Jesús Menéndez	Palmira	Pardo con carbonato
	CCS Patricio Lubumba	Abreus	Ferralítico rojo
	UBPC Niceto Pérez	Abreus	Ferralítico rojo
	Finca de Semilla Provincial	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Che Guevara	Abreus	Ferralítico rojo
Rosita	CCS Abel Santa María	Lajas	Pardo con carbonato
	Finca de Semilla Provincial	Abreus	Ferralítico rojo
P-7928	CCS Renato Guitar	Lajas	Pardo con carbonato
	CCS Abel Santa María	Lajas	Pardo con carbonato
	CCS Camilo Cienfuegos	Palmira	Pardo con carbonato
	CCS Mártires De Bolivia	Palmira	Pardo con carbonato

	CCS Renato Guitar	Lajas	Pardo con carbonato
	Beraldo Sánchez	Abreus	Ferralítico rojo
	Granja Agro Guillermon Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Patricio Lubumba	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Antonio Maceo	Cruces	Pardo con carbonato
	UEB Integral Juraguá	Abreus	Ferralítico rojo
H-Rabi	Granja Guillermo Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
INIVIT M-4	Granja Agro Guillermon Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Abel Santa María	Lajas	Pardo con carbonato
HST-991	Finca de Semillas Guillermon Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
Canilla	CCS Abel Santa María	Lajas	Pardo con carbonato
	Finca de Semillas Guillermon Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
MAIG-5461	Finca Semilla Guillermon Moncada	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Renato Guitar	Lajas	Pardo con carbonato
	UEB Integral Juraguá	Abreus	Ferralítico rojo
	Cultivos Varios Horquita	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Jesús Menéndez	Palmira	Pardo con carbonato
	Empresa Agro Horquita	Abreus	Ferralítico rojo
	CCS Patricio Lubumba	Abreus	Ferralítico rojo
	Ciego de Ávila	Ciego de Ávila	Pardo con carbonato
	CCS Antonio Maceo	Cruces	Pardo con carbonato
	UEB Integral Cruces	Cruces	Pardo con carbonato
	CCS Félix Edén Aguada	Aguada	Ferralítico rojo
	CCS Jesús Sardiñas	Aguada	Ferralítico rojo
	CCS Mal tiempo	Cruces	Pardo con carbonato
	UEB Victoria de Girón	Abreus	Ferralítico rojo
Gibara	CCS Patricio Lubumba	Abreus	Ferralítico rojo
Esmeralda	Ciego de Ávila	Ciego de Ávila	Pardo con Carbonato
	Santi Spíritus	Santi Spíritus	Pardo con Carbonato
	Finca Integral Semilla	Abreus	Ferralítico rojo
Escambra	UBPC El Tablón	Cumanayagua	Pardo con Carbonato
	Empresa Agropecuaria Horquita	Abreus	Ferralítico rojo
Tuzón	CCS Félix Edén Aguada	Aguada	Ferralítico rojo
	Victoria de Girón	Abreus	Ferralítico rojo

AME-15	Empresa Agropecuaria Horquita	Abreus	Ferralítico rojo
--------	----------------------------------	--------	------------------

Fuente: Elaboración propia.

La estrategia varietal nacional enfatiza que corresponde a los territorios decidir su política varietal, y trazar estrategias coherentes para mantener la calidad de las semillas que respondan al listado oficial de variedades comerciales del país.

La cantidad de muestra recibidas depende de la estabilidad de semillas de maíz que debe mantener la Empresa de Semillas en el territorio fundamentado por las demandas de los productores del grano en el territorio que se acercan al mercado formal. Durante el período tuvo fluctuación e inestabilidad, influyendo en ello la baja adquisición por los consumidores, entre otras causas por las políticas económicas implementadas, según muestra el Gráfico 2.

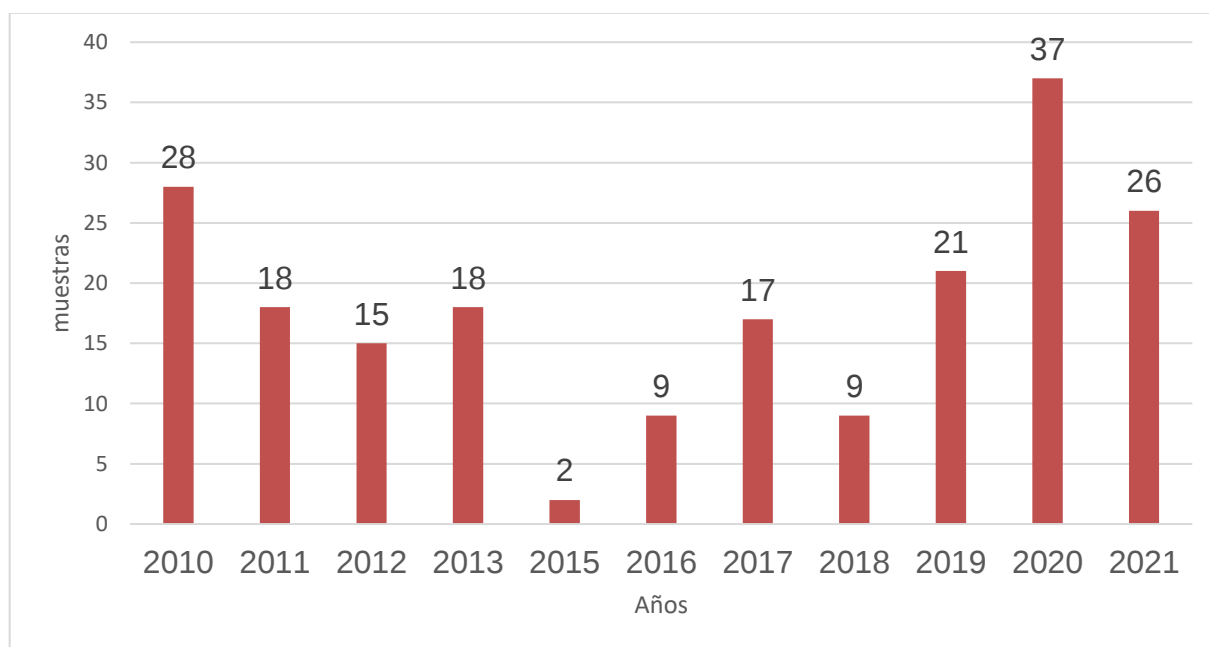


Gráfico 2. Muestras por años recibidas en el laboratorio

Fuente: Elaboración propia

En las áreas productoras de semillas la cosecha se realiza bajo supervisión técnica, siempre existen vainas y granos que no clasifican para el tema semilla y son separados. La desigualdad del comportamiento de la semilla variedad en

diferentes ensayos otra razón a la que se le puede atribuir esta desigualdad, es que cada especie es diferente y la calidad de la semilla cambia según los factores internos y externos. (Maldonado, et al., 2016)

Los estadísticos descriptivos de la semilla pura por variedades muestran un bajo coeficiente de variación para todas, que infiere la representatividad de la calidad de las semillas recibidas y evaluadas. La variedad TGH con el mayor valor del coeficiente de variación, con 1,45 %, se explica por tener evaluadas tres muestras por encima del valor máximo, que es 2, y un valor muy alto de 10,33 de materia inerte.

Tabla 4. Estadística descriptiva de la Semilla Pura

VARIEDAD	n	Media	Min	Max	CV, %
AME-15	2	98,39	98,42	98,40	0,02
Canilla	3	99,42	99,91	99,74	0,28
Escambray	2	99,76	99,86	99,81	0,07
Esmeralda	4	98,85	99,93	99,56	0,50
Gibara	1	99,83	99,83	99,83	0.00
H, Rabi	1	99,95	99,95	99,95	0.00
HST-991	6	99,42	99,97	99,71	0,23
INIVIT M	4	98,40	99,73	99,03	0,65
MAI-5461	77	96,22	100,00	99,45	0,69
P-7928	35	98,50	100,00	99,50	0,40
Rosita	4	99,66	99,92	99,78	0,11
TGH	54	89,67	100,00	99,18	1,45
Tuzon	3	98,81	99,92	99,32	0,60

Otros países como Colombia (Ministerio de la Agricultura, 2015), Chile (Ministerio Agricultura Gobierno de Chile, 2022), México (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS)., 2020) coinciden con la NRAG111:2009 Semilla de Maíz (*Zea mays* L.) Polinización abierta. Certificación, de un valor mínimo de Semilla Pura de 98 %.

Fueron recibidas 196 muestras por el laboratorio Provincial de ensayos de semillas en Cienfuegos de 13 variedades en el período (2010-2021), de ellas 7

muestras no cumplieron las especificaciones para las semillas beneficiadas debido a que incumplían con el porcentaje mínimo de semillas Puras establecido para la Norma Cubana (MINAG, 2009). En la Tabla 5 se muestran los años y variedades. Estos valores se consideran adecuados para la cantidad de muestras recibidas.

Tabla 5. Muestras no cumplieron las especificaciones para la pureza

2010			2013			2018		
Variedad	Pureza %		Variedad	Pureza %		Variedad	Pureza %	
	SP	MI		SP	MI		SP	MI
TGH	97,39	2,61	TGH	89,67	10,33	MAIG-5461	97,77	2,23
			TGH	96,78	3,22			
2019			2020			2021		
Variedad	Pureza %		Variedad	Pureza %		Variedad	Pureza %	
	SP	MI		SP	MI		SP	MI
Esmeralda	97,98	2,02	MAIG-5461	97,55	2,45	MAIG-5461	96,22	3,78

Leyenda: SP Semilla Pura MI: Materia Inerte

Las variables Semilla Pura y Materia Inerte son inversamente proporcionales, por lo que coinciden los años y las variedades descalificadas en este sentido durante el período evaluado (Fig. 4).

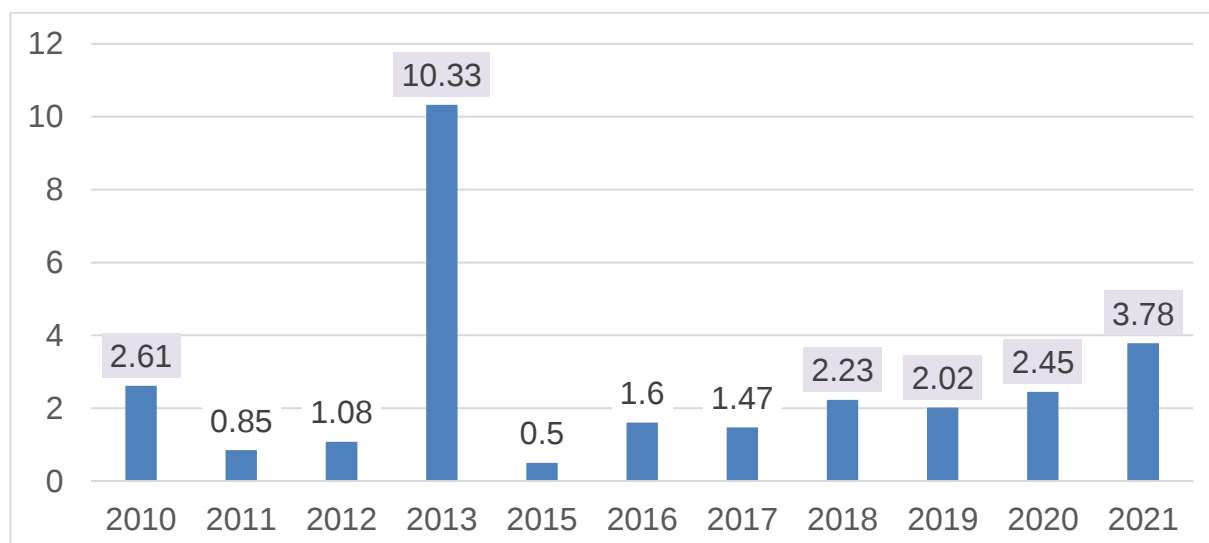


Figura 4. Máximos de Materia Inerte por años

De 196 muestras recibidas por el laboratorio Provincial de semillas en Cienfuegos de 13 variedades en el período (2010-2021) 7 muestras no cumplieron las especificaciones para las semillas beneficiadas, que son las siguientes: 3 TGH, 3 MAIG-5461 y un Esmeralda

Tabla 6. Materia Inerte

VARIEDAD	n	Media	Min	Max	CV, %
AME-15	2	1,58	1,61	1,59	0,02
Canilla	3	0,09	0,58	0,26	0,28
Escambray	2	0,14	0,24	0,19	0,07
Esmeralda	4	0,07	1,15	0,44	0,50
Gibara	1	0,17	0,17	0,17	0,00
H, Rabi	1	0,05	0,05	0,05	0,00
HST-991	6	0,03	0,58	0,29	0,23
INIVIT M	4	0,27	1,60	0,97	0,65
MAI-5461	77	0,00	3,78	0,52	0,67
P-7928	35	0,00	1,50	0,50	0,39
Rosita	4	0,08	0,34	0,22	0,11
TGH	54	0,00	10,33	0,82	1,44
Tuzon	3	0,08	1,19	0,68	0,56

A diferencia de las Semillas Puras y Materia Inerte, la variable Germinación mostró una alta variabilidad. Las mayores fueron las variedades Escambray, AME-15 y Canillas (Tabla 7).

Tabla 7. Germinación

VARIEDAD	n	Media	Min	Max	CV, %
AME-15	2	70	85	77,50	10,60
Canilla	3	71	93	85,00	12,17
Escambray	2	47	80	63,50	23,33
Esmeralda	4	70	90	83,00	9,45
Gibara	1	85	85	85,00	
H, Rabi	1	84	84	84,00	
HST-991	6	78	92	83,50	5,24
INIVIT M	4	77	92	85,75	6,34
MAI-5461	77	43	95	83,97	9,65
P-7928	35	70	94	86,77	6,03

Rosita	4	80	91	87,75	5,19
TGH	54	51	95	84,26	9,56
Tuzon	3	85	94	89,00	4,58

Son muchas las causas que inciden en la germinación, desde la pérdida de elementos genéticos hasta almacenamiento, condiciones ambientales y sanitarias.

La comercialización de este producto es de vital importancia para el país y la provincia, por lo que debe ser un producto con calidad y efectividad para la producción. Es por ello, que se considera la prueba de germinación como uno de los factores primordiales para determinar la calidad física de la muestra en los análisis del laboratorio de Semillas de Cienfuegos.

Por lo general, la prueba de germinación permite conocer si una semilla no germinó por ser latente o por presentar algún daño en el embrión (Elizalde, y otros, 2017). Es importante debido a que, en algunos casos, aún en condiciones hídricas y térmicas óptimas, una semilla viable no germina a causa de la dormancia (Checovich & Ruiz, 2012), siendo esta descrita.

La germinación de un lote de semilla se considera como una manifestación de la calidad. La calidad de las semillas obedece a varios factores: el genotipo de la planta, condiciones climáticas durante el desarrollo y labores culturales realizadas desde la siembra hasta la cosecha. Esta se forma con los efectos de sus atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, así como a la interacción entre ellos, estos se determinan durante el ciclo biológico de la planta hembra y son afectados por factores climáticos y fisiológicos (Sierra, y otros, 2008)

No cumplieron las especificaciones para las semillas beneficiadas 22 muestras, como representa la Tabla 8 Fueron recibidas 196 muestras por el laboratorio Provincial de ensayos de semillas en Cienfuegos, de 13 variedades en el período (2010-2021)

Tabla 8. Muestras no cumplieron las especificaciones para la germinación

2010		2011		2012		2013	
Variedad	P/N	Variedad	P/N	Variedad	P/N	Variedad	PN
TGH	64	P-7928	70	TGH	64	INIVIT M-4	64
TGH	61					INIVIT M-4	61
TGH	51					P-7928	51
TGH	58					P-7928	58
2017		2019		2020		2021	
Variedad	PN	Variedad	PN	Variedad	PN	Variedad	PN
Canilla	71	MAIG-5461	43	MAIG-5461	44	AME-15	70
				MAIG-5461	70	MAIG-5461	71
				Esmeralda	70	MAIG-5461	70
				MAIG-5461	71	MAIG-5461	70
				P-7928	70	MAIG-5461	73

En los últimos tiempos el territorio cienfueguero ha estado utilizando semillas de maíz de calidad para la siembra. Destacan el uso durante estos años por rendimiento y calidad de las muestras el MAIG-5461 todos los productores entrevistados. Con este criterio se hace evidente que estos cultivares tienen éxitos en las zonas productoras dado su mayor estabilidad del rendimiento respecto a los demás cultivares comerciales con los que se comparó en las diferentes años de su cultivo

Entre las campañas establecidas de siembra para Cuba, no se encontraron diferencias para los parámetros estudiados (Tabla XX).

Tabla 9. Comparación de los parámetros: germinación, materia inerte y semilla pura entre las campañas, %

Campañas	n	Germinación	Materia inerte	Semilla pura
Frío	54	(95,83) 83,02	(102,15) 0,52	(107,68) 99,48
Primavera	142	(99,51) 83,86	(97,11) 0,63	(95,01) 99,36
Z		0,162	0,579	0,685

Leyenda: () rangos promedios según prueba de Mann Whitney

La Tabla 9 muestra diferencias entre la cantidad de muestras recibidas por campañas, siendo menor las recibidas en campaña de frío que de primavera,

debido a que en la de frío se dedican menor cantidad de áreas a la siembra de maíz causado por la competencia de este cultivo con el frijol.

El maíz es cultivo un cultivo de temporadas cálidas y exigencias hídricas, por lo que su mayor desarrollo se alcanza en campañas de primavera. Esto trae consigo la obtención de granos de mayor tamaño que a su vez mantienen mayor reserva, lo que influye posteriormente en el vigor, viabilidad y germinación de la semilla, La tabla anterior muestra porcentajes de germinación mayores en campaña de primavera que de frío. Aún así en ambos casos sobrepasan los requerimientos exigidos por la Norma (NRAG111:2009 Semilla de Maíz (Zea mays L.) Polinización abierta. Certificación, que recoge un 75 % de germinación de los granos, válido para ser aceptadas como semillas.

También en épocas de primavera el desarrollo vegetativo de las plantas es mayor que en el frío, mayor cantidad de masa verde y aumenta la proliferación de otras especies en los cultivos o malas hierbas, lo que se ve reflejado en la incidencia de mayor cantidad de materia inerte que llega a los laboratorios de ensayos, coincidiendo con los valores mostrados en la tabla anterior.

Se resume a continuación las principales causas de descalificación de las semillas evaluadas por variedades, que como se ha comentado anteriormente no fueron altas, pero se deben tener en cuenta para la clasificación de las semillas estudiadas (Tabla 5).

Tabla 5. Principales variedades descalificadas

Variedades	Muestras	Descalificadas	Causas
TGH	54	3	Pureza
		5	Germinación
P-7928	36	4	Germinación
INIVIT M-4	6	2	Germinación
Canilla	3	1	Germinación
MAIG-5461	77	3	Pureza
		8	Germinación

Esmeralda	4	1	Pureza
		1	Germinación
AME-15	2	1	Germinación

Fuente: Elaboración propia

En tal sentido, el conocimiento de las variedades destacadas en la presente investigación es un tema de gran importancia para la agricultura cienfueguera. Los resultados de este estudio tienen implicaciones significativas para la producción agrícola en la región y contribuyen al conocimiento científico sobre la fenología y adaptabilidad de esta variedad de maíz. Además, el análisis igualmente posee connotaciones culturales y sociales para las poblaciones según localidad, haciendo del tema un asunto de carácter multidisciplinario y significativo para la sustentabilidad de la región.

El siguiente gráfico representa la cantidad de muestras por categorías que entran al Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas Cienfuegos, en el mismo se reflejan mayor cantidad de Categorías Certificadas y fiscalizadas, debido a que son las que mayormente se reproducen en el territorio, en el caso de las básicas son controladas por los centros o Institutos de Investigaciones correspondientes.

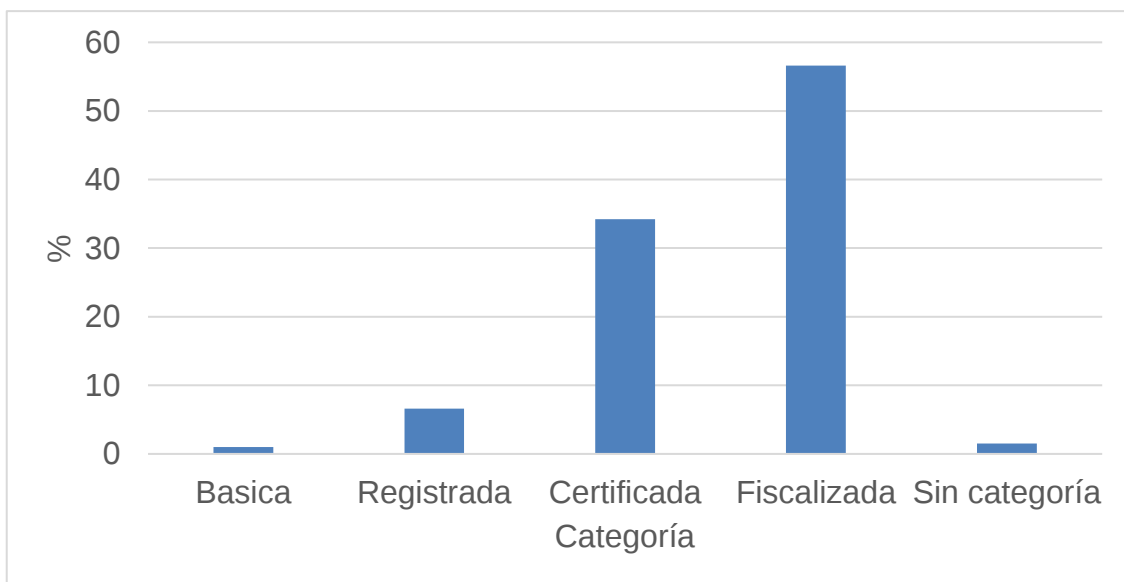


Figura 5. Validación de las categorías según los parámetros estudiados

Conclusiones

1. De las 196 muestras estudiadas en el período hubo siete muestras que no cumplieron con las especificaciones para las categorías establecidas en Cuba respecto a semilla pura, materia inerte y 22 para la germinación
2. El parámetro que más incidió en la descalificación de las muestras por variedades fue por semilla pura, materia inerte TGH, MAIG -5461 y Esmeralda y por germinación TGH, P-7928, INIVIT M-4, Canilla, MAIG-5461, Esmeralda y AME-15

Bibliografía

- (ISTA), I. S. (2005). *International rules for seed testing*. Seed Sci. Tech. 27 (suppl).
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz. su origen y Clasificación. *Cultivo tropicales*, 30(2).
- Alvarez Kile, P., & Rodriguez Montes, W. (2018). Evaluación de 7 variedades de yuca mediante una feria de biodiversidad en condiciones de sequía en el municipio de Jiguaní. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2(1), 9-80.
- Antuna G, O., F, R. S., Gutiérrez del Rio, E., Ruiz Torres, N., & Bustamante García, L. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos de semillas en líneas de maíz. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. . Obtenido de A.C. ISSN: 0187-7380. México.
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61026102.pdf>.
- Aranguren, M., Arango Perearnau, M., Agüero, C., Argüello, J., & Cuatrin, A. (2023). Análisis de la calidad de semillas en híbridos de maíz. Identificación de un método de vigor más rápido y comparable al tradicional cold test . *Nexo Agropecuario*, 11(1).
- Arce - Romero, A. R., Monterroso Rivas, A. G., & Palacios Mendoza, M. (2018). Potential yields of maize and varley with climate change scenarios and adaptative action in two cities in México. *Advnaces in information and communication technologies for adapting agriculture to climate change*. , 617(1), 197-208.
- Barahona Lara, L. (1996). *Calidad de semilla de frijol (Phaseolus vulgaris) según las condiciones de acondicionamiento y almacenamiento en la planta de semillas del Consejo Nacional de Producción*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede de San Carlos (Costa Rica), Informe de Práctica de Graduación, Bachillerato Ingeniería Agronómica.

- Berry, S., & Robert, M. (2013). Corn production shocks in 2012 and beyond: implication for harvest volatility,. *Economics of food price volatility*, 4, 59-81.
- Cerquini, C., Claro, J., Giusti, A., Karumathy, G., Mancini, D., Marocco, E., & Milo, M. (2016). *Food Agricultural Organic*. . Unite Nations 14. www.fao.org/3/ai5703e.pdf.
- Checovich, M., & Ruiz, M. (2012). Variación en el nivel de dormición de la semilla en distintas variedades de las forrajeras estival *Panicumvirgatum* L. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 38(2), 165-170.
- Chirino Gonzales, E., Valdés, E., dominguez, I., Reyes, D., & Coro, J. (2019). Efecto del cambio de la fitotecnica sobre el rendimiento del maíz en condiciones locales campesinas. *Ecovida*, 9(1), 13-23.
- CIMMYT. (2020). *Lineamientos para el control de calidad de semilla y grano de maíz de alta calidad proteica (QPM): Experiencia en el desarrollo y promoción de QPM en Latinoamérica*. Sede del CIMMYT.
- Cobos Mora, F., Gómez Villalba, J., Hasan Moran, M., & Medina Litardo, R. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en la zona de Daule provincia Guayas. *Journal of Science and Research*, 5(4), 1-16.
- Courtis, A. (2013). *Germinación de semillas*. Guía de estudio, Biología.
- Cruz-Cruz, N., Portillo-Vázquez, M., Pérez-Soto, F., Caamal, C., & Martínez, D. (2017). Análisis de la producción mundial, nacional y estatal de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*, 10(9).
- De Pablo, M., Daulerio, L., Ressa, J., & Martinez, V. (2016). *Evolución de los laboratorios de ALAP en análisis de semillas de Triticumaestivum, Triticumdurum y Glycinemax*. Facultad de AGronomía. Universidad Nacional del Cento de la provincia de Buenos Aires. Argentina: Asociación de Laboratorios Agropecuarios Privados (ALAP). Comisión semillas.

- Degallarreta, R., Prohens, J., & Tierno, R. (2016). *Las Variedades locales en la mejora genética de plantas*. Donustia, San Sebastian: Gráficas Irundi.
- Díaz-Canel Bermúdez, M., & Núñez Jover, J. (2020). Gestión Gubernamental y Ciencia cubana en el enfrentamiento a la COVID 19. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 10(2).
- Doebley, J. (1990). Molecular systematic of Zea (Grammineae). *Maydica*, 35(2), 143-150.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.
- Doria, J. (2020). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. (*Revista Cultivos Tropicales*), 9-13., 9-13.
- Dumas, C., & Rogowsky, P. (2008). Fertilization and early seed formation. *Complete Reduns Biologies*(331), 715-725.
- Elizalde, V., García, J., Peña Valdivia, C., Ibarra, M., Leyva, O., & Trejo, C. (2017). Viabilidad y Germinación de semillas de Hechtiaperotensis)bromeliaseas). *Revista Biología Tropical*, 65(1), 153-165.
- Flores, H. A. (2004). *Introducción a la tecnología de la semilla*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Friedman, W. E., & Ryderson, K. (2009). Reconstruction the ancestral female gametophyte of angiosperms insights from Amborrella and other ancient lines flower in plants. *American Journal of Botanic*, 96, 129-143.
- Fuentes López, M. (2019). *Manual de producción de semillas de variedades de maíz desarrolladas por fitomejoramiento participativo*. Guatemala.
- Gallardo, M. (2016). *Concentrados y productos para la alimentación de rumiantes. XXI Curso internacional de lecherías para profesionales internacionales de América Latina*.

- Garay, A. (1989). *La calidad de la semilla y sus componentes. La semilla en el contexto agrícola, Trabajo presentado en el Primer Curso Avanzado sobre Sistemas de semillas para pequeños agricultores, CIAT. Mayo 15-Junio 23, 1989.*
- Garcia, F., & Villamil, J. (2001). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas.* ministerio de agricultura pesca y alimentación , secretaria general de estructuras.
- García-Rodríguez, J., Ávila-Perches, M., & Gámez-Vázquez, F. (2018). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Rev. Fitotec. Mex.*, 41(1), 31-37.
- Gómez Díaz, J. (2017). *Análisis de pureza física y pruebas de germinación en semillas para siembra, en el laboratorio de semillas del ICA, .* Universidad de Pamplona. Facultad de ciencias agrarias. Departamento de agronomía, Bucaramanga, Santander.
- Hernández G., A., Carballo C., A., & Hernández L., A. y. (2000). Ponderación de variables de calidad fisiológica para la medición del vigor en semillas de maíz. *Revista Fitotecnia Mex.*, 23, 239-250.
- Herrera, P. E. (2021). *Evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de maíz tuxpeño (Zea mays) al desgrane durante cinco meses de almacenamiento bajo condiciones controladas .* Proyecto Especial de Graduación , Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano , Departamento de Agroindustria Alimentaria , Honduras.
- Hincha, D., & Thalhammer, A. (2012). LEA proteins: IDPS with versatile functions in cellular dehydration tolerance. *Biochemical Society Transactions*(40), 1000-1003.
- Hunde, D., & Tefera, G. (2018). Participatory varietal selection and evaluation of twelve soybeans glycine max (L). Merrill varieties for low land areas of north

- ewetern Ethiopian. *International Journal of plant breeding and crop science*, 5(2), 403.
- Karen, P. (2000). *Análisis de semillas*. ISTA-CATIE. Obtenido de Recuperado de <https://ecaths1.s3.amazonaws.com/.../1329117052.analisis%20semillas%20ISTA%20CATIE.pdf>
- Krzyzanowski, F. R. (2009). *Vigor de sementes: conceitos e testes. Ficha catalografica*. Brasil: Associao Brasileira de Sementes, Komite de Vigor de Sementes, .
- Lamz, A., Cárdenas, R., Ortiz, R., Alfonzo, L., & Sandino, A. (2017). Evaluación preliminar de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) promisorios para siembras tempranas en Melena del Sur. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 11-118.
- Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 5(29), 84-87.
- Maldonado, M., García, G., García, J., Ramirez, C., Hernández, A., J, V., . . . Cetina, V. (2016). Seed viability and vigour of twonan-che species (*malpighiamexicana* and *Byrsonimacrassifolia*). *Seed Ciencia and tecnologia*, 44(1), 1-9.
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y Germinación de la semilla. *Fundamentos de la Fisiología Vegetal*.(2), 549.
- McClintock, B., Kato, T., & Blumenschein, A. (1981). *Constitucion cromosomica de las razas de maiz*. Colegio de Postgraduados de Chapingo.
- MINAG. (2009). *NRAG. Semillas de maiz (zea mayz l.). polinizacion abierta – certificación*. Ciudad de La Habana. Cuba: 1. Edición.
- Ministerio Agricultura Gobierno de Chile. (2022). *Resolución exenta No. 2937 Norma específica de certificación de semillas de maíz*. Santiago de Chile.
- Ministerio de la Agricultura. (2015). *Resolución 3168*. Colombia.

- MINJUS. (2020). *Reglamento del decreto-ley 388 de recursos fitogenéticos para la alimentación, la agricultura y las semillas. Gaceta Oficial No. 57.* Consejo de Ministros, República de Cuba.
- Morejon, R., Díaz, S., Díaz, G., Pérez, N., & Yspan Pedrera, D. (2014). Algunos aspectos del manejo de semillas de arroz por productores de sector cooperativo campesino en dos localidades de Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 35(2).
- Moreno E. M. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición.* Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México.
- Moya López, C., Orozco Crespo, E., Lombeida García, E., & medina litardo, R. (2016). Importancia de los conocimientos tradicionales. Recursos Genéticos y Derechos de Propiedad Intelectual. *Journal of science and Research 5 (CININGE)*, 60-78.
- ONEI. (2019). *Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca.* Cuba.
- ONEI. (2020). *Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca.* Cuba.
- Paliwall, R. (2001). *El maíz en los trópicos.* Mejoramiento y Producción vegetal., Colección FAO.
- Parihar, C., Bhupender Kumar, S., Jat, A. K., Jat, V., Chaudhary, & Sain, D. (2016). Specialty Corn for Nutritional Security and dietary Diversification. *Biofortification of Foods Crops*, 387-398.
- Pecina, M., Mendoza, C., López, S., castillo, G., & Mendoza, R. O. (2011). Rendimiento de granos y sus componentes de maíces nativos de Tamaulipas, evaluados en ambientes constrictantes. *Fitotecnica*, 34, 85-92.
- Pedroza, A., Trejo, I., Sánchez, J., Samaniego, L., & Yanes, G. (2016). Evaluación de tres variedades de frijol pinto bajo riego y sequía en durango. *Mesoamericana*(27), 167-176.

- Poetig, R. (1982). *Maize the plant and its parts maize for biological research*. W. F. sheridan.
- Puentes G, A. (2023). *Consejo Mexicano para el desarrollo Rural Sustentable. Perspectivas económicas*. México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Rincon, F., & Ruis, N. (2017). Genetic potencial and usefulness of goal. *Rediscovery of landrace as a resource for the future*, 97-11.
- Roma. FAO. (2019). *Materiales para capacitación en semillas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
- Russo, I., Babbitt, S., Muralidharan, V., Butler, T., Oksman, A., & Goldberg, D. (2010). Plasmepsins in *V. malariae* Plasmodium proteins for export into the host erythrocyte. *Nature*, 463(7281), 632-636.
- Salinas, A., & Yoldjan, A. G. (2014). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de las semillas de soja. *Revista Agropecuaria de Brasil*, 9-13.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; SNICS. (2020). *Reglas para la Calificación de semillas*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). .
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas; (SNICS). (2020). México.
- Sierra, M. P., Rodriguez, M., Espinosa, C., Gómez, M. N., Caballero, H., Barron, F., . . . Vázquez, C. (2008). H-520 híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agritec*, 34(2), 119-122.
- Soto Ortiz, R., Peña Smith, M., Concepción, I., & García, I. (2014). Vol.2 No.2: 295- 304, 2014. *Agroecosistemas*, 2(2), 295-304.
- Taiz, L., & Ceiger, E. (2010). *Plant physiology*. 764.
- Terenti, O. (2004). Calidad de semilla, qué implica y cómo evaluarla. *Informativo Rural* , 1(2).

- Troiani, H., Prina, A. O., Muiño, W., Tamame, M., & Beinticinco, L. (2017). *Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía*. anta Rosa, La Pampa, Argentina: EdUNLPam.
- Villalobos, A., Gozalez, A., Satiago, F., Iglesias, A., Martinez, J., & Martinez. (2016). Comportamiento agrproductivo de diferentes ariedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la finca Las Marias del primero de enero. 5(2).
- Wellhausen, E., Roberts, L., Hernández, E., & Mangelsdorf, P. (1987). *Razas de Maíz en México. Su origen . Características y Distribución*. (Unuiversidad Autónoma de Chapingo.
- Wilkes, G. (1988). *Teosinte and the other wild relatives of maize*. Proceeding of the global maize germplasm workshop, CIMMYT, Mexico. D.F.
- Wilkes, H., & Goodman, M. (. (1995). *The origen of maize*. CIMMYT. Mexico D.F: Maize Generic Resouces. Taba. S(eds).