



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Calidad fisiológica de semilla de maíz (*Zea mays L.*) y su efecto en la
productividad en el Ecuador”

AUTOR:

Luis Adrián Franco Vite

TUTOR:

Ing. Agr. Roberto Carlos Medina Burbano, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La semilla sirve como materia prima para la producción agrícola, por lo que es crucial que responda bien al entorno de plantación y fomente el crecimiento de plantas robustas para poder rendir al máximo. El objetivo planteado fue describir la calidad fisiológica de semilla de maíz (*Zea mays L.*) y su efecto en la productividad en el Ecuador. Las conclusiones determinaron que las semillas con índices de calidad fisiológicos más bajos se vuelven menos valiosas, lo que reduce los niveles de producción de un cultivo en particular, lo que desempeña un papel importante a la hora de influir en la producción; los usuarios de semillas que se venden en diversos centros agrícolas asumen que las semillas que compran desempeñarán su papel en la producción de la especie elegida; los agricultores pueden obtener altos rendimientos de los híbridos de maíz debido a su alto potencial de productividad; es necesario enfatizar la importancia de los análisis fisiológicos de la semilla porque para obtener una buena producción son necesarias semillas de buena calidad con pruebas que aseguren su calidad y rentabilidad. De esta manera, el mantenimiento de la calidad de las semillas es de gran ayuda para aumentar la productividad de los cultivos de forma sustentable y sustentable; al expresar su comportamiento en vigor y viabilidad al analizar las pruebas de verificación fisiológica, se pueden distinguir contundentemente genotipos que exhiben calidad fisiológica mediante pruebas de vigor de semillas, pruebas de resistencia y el método de envejecimiento acelerado y la mejor semilla de maíz según su potencial productivo son los híbridos, especialmente los Pioneer 4039 con 10,90 tn/ha.

Palabras claves: vigor, germinación, semillas, calidad, fisiología.

SUMMARY

Seed serves as a raw material for agricultural production, so it is crucial that it responds well to the planting environment and encourages the growth of robust plants in order to perform at its best. The objective was to describe the physiological quality of corn seed (*Zea mays* L.) and its effect on productivity in Ecuador. The findings determine that seeds with lower physiological quality indices become less valuable, reducing production levels of a particular crop, which plays an important role in influencing production; Users of seeds sold in various agricultural centers assume that the seeds they buy will play their role in the production of the chosen species; farmers can obtain high yields from corn hybrids due to their high productivity potential; It is necessary to emphasize the importance of physiological analyzes of the seed because to obtain good production, good quality seeds are necessary with tests that ensure their quality and profitability. In this way, maintaining seed quality is of great help to increase crop productivity in a sustainable and sustainable manner; By expressing their behavior in vigor and viability when analyzing physiological verification tests, genotypes that exhibit physiological quality can be decisively distinguished through seed vigor tests, resistance tests and the accelerated aging method and the best corn seed according to its potential. Hybrids are productive, especially Pioneer 4039 with 10.90 tn/ha.

Keywords: vigor, germination, seeds, quality, physiology.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. General	3
1.4.2. Específicos.....	3
1.5. Fundamentación teórica	4
1.6. Hipótesis	19
1.7. Metodología de la investigación	19
CAPÍTULO II.....	21
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1. Desarrollo del caso	21
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	21
2.3. Soluciones planteadas.....	21
2.4. Conclusiones.....	22
2.5. Recomendaciones	23
BIBLIOGRAFÍA	24

INTRODUCCIÓN

La semilla sirve como materia prima para la producción agrícola, por lo que es crucial que responda bien al entorno de plantación y fomente el crecimiento de plantas robustas para poder rendir al máximo. Al igual que este insumo, la producción y el suministro de alimentos representan un desafío importante en la historia de la humanidad porque deben alimentar a una población de más de 6 mil millones de personas, de las cuales 17 millones son ecuatorianos (Cepeda 2019).

Se están creando e incorporando nuevos cultivares de maíz, *Zea mays* L., han elevado la productividad y rentabilidad de los agricultores del sector maicero nacional. Desde la época colonial, el maíz ha sido el cultivo anual más cultivado porque proporciona la mayor parte de la energía de la población y es fácil de adaptar a diferentes climas, suelos y niveles altitudinales. También se ha convertido en la principal actividad agrícola de muchas familias y en su principal fuente de ingresos (Vielma *et al.* 2019).

Debido a factores genéticos y ambientales, así como a la ubicación de la semilla en la mazorca, las semillas de maíz varían mucho en tamaño, forma y composición. A nivel genético, una variedad de factores y unidades de transcripción afectan directamente la cantidad de almidón en el endospermo; A nivel ambiental, una variedad de niveles de nitrógeno en el suelo y la densidad de población pueden afectar la relación entre el endospermo córneo y el endospermo harinoso (Pérez *et al.* 2018).

Una de las razones de la baja productividad es el uso de semillas nativas, que, a pesar de estar adaptadas a condiciones ambientales desfavorables, tienen un bajo potencial de productividad y son más susceptibles a enfermedades, bajando la calidad del cultivo y la productividad. En este sentido, el uso de semillas de maíz mejoradas ofrece una oportunidad de avance tecnológico que tendría un efecto en el aumento del rendimiento y las ganancias agrícolas. (Sánchez *et al.* 2017).

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

En el presente estudio se investigó la calidad fisiológica de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su efecto en la productividad en el Ecuador.

Las pruebas de germinación de semillas se pueden utilizar para evaluar la calidad fisiológica; sin embargo, estas pruebas deben complementarse con una evaluación adecuada de la capacidad de emergencia de las plantas en campo, por lo que las pruebas de vigor son cruciales.

1.2. Planteamiento del problema

El maíz, el segundo cereal más producido en el mundo y una parte preciada de la cultura mesoamericana, es una planta maravillosa. Como ingrediente principal de la alimentación balanceada de aves, ganado vacuno, camarones y cerdos, el maíz ha sido una planta trascendente para el bienestar humano y ha ayudado a garantizar la seguridad alimentaria del Ecuador. Sin embargo, la cuestión principal es impulsar la productividad agrícola, para lo cual se requiere que los gobiernos implementen una variedad de medidas como fomentar la adopción tecnológica, financiar universidades y centros de investigación para la innovación agrícola y ofrecer diversas formas de capacitación.

Las características genéticas, fisiológicas, de salud y físicas son los cuatro subgrupos fundamentales de la calidad de la semilla. La semilla sólo puede estar en su calidad integral más alta cuando las cuatro cualidades necesarias están presentes y funcionando en su nivel más alto. Cada uno de ellos aporta lo que puede en el camino de la génesis vegetal productiva. El debilitamiento de cualquiera de ellos introduce un factor limitante que da lugar a plantas improductivas. Si la condición fisiológica de una semilla se ha deteriorado y presenta una germinación deficiente, ni siquiera la mejor genética podrá expresar

plenamente su potencial.

1.3. Justificación

Ya sea que se utilice como fuente de alimento humano, fuente de nutrición para el ganado o materia prima para numerosos productos industriales, el maíz desempeña un papel económico importante en todo el mundo. En comparación con otros cultivos, el maíz se puede cultivar en una variedad mucho más amplia de entornos.

La calidad de las semillas es la sumatoria de los atributos genético, físico, fisiológico y sanitario, que son determinados por las condiciones en las cuales fueron producidas y la información genética que contienen. La calidad fisiológica de la semilla de maíz es el porcentaje de germinación y vigor de un lote de semillas.

Los agricultores y las empresas de semillas se preocupan por la calidad de las semillas de maíz. Para el agricultor, como de ello depende el número de plantas en una zona de cultivo específica, prefiere aquellas que presentan un alto vigor.

Para lograr una buena producción agrícola, el paso más crucial en el desarrollo del cultivo del maíz es sembrar semillas con excelente calidad fisiológica.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Describir la calidad fisiológica de semilla de maíz (*Zea mays L.*) y su efecto en la productividad en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Determinar la calidad fisiológica de la semilla de maíz sobre la productividad en el cultivo de maíz.
- Identificar de un genotipo de maíz con el mejor potencial productivo.

1.5. Fundamentación teórica

Calidad fisiológica de la semilla de maíz

La baja productividad de los cultivos, influenciada por factores tecnológicos y climáticos, es el principal problema que enfrenta Ecuador. Según las estadísticas oficiales, sólo el 11,6 por ciento del maíz amarillo duro se riega; el resto de la superficie se destina al cultivo de secano. Además, el método principal de preparación del suelo, que representa el 77,3% de la tierra utilizada para la producción de maíz, consiste en quemar cada año, lo que degrada el suelo. Sin embargo, las semillas tradicionales o comunes representan alrededor del 50% de las semillas utilizadas en cultivos de transición como el maíz, lo que tiene un efecto sobre la productividad (Cargua 2023).

El maíz amarillo duro se cultiva principalmente en las tierras bajas o regiones costeras del Ecuador (menos de 1200 m s. n. m.) y está diseñado principalmente para la producción de alimentos saludables. A pesar del reciente crecimiento en la producción de este cereal en Ecuador, se necesitan nuevos genotipos que permitan la autosuficiencia y eviten las importaciones de maíz. El maíz amarillo cristalino es de excelente calidad tanto para la fabricación de alimentos balanceados como para industrias que produzcan bienes para el consumo humano, cubriendo incluso las exigencias del mercado colombiano (Zambrano y Andrade 2021).

La semilla original obtenida mediante un proceso de mejoramiento genético, capaz de asegurar la identidad y pureza genética de un cultivar, que ha sido generada y manejada por un fitomejorador, es lo que se denomina fitomejorador y semilla prebásica en el caso de las raíces y tubérculos. A partir de esta semilla prebásica se produce luego semilla básica. La semilla básica se obtiene de la semilla del obtentor, producida bajo el control de la entidad generadora, sometida al proceso de certificación y sirve de base para la creación de semilla registrada (Cepeda 2019).

La totalidad de los rasgos relacionados con la calidad física, genética, fisiológica y de salud se denomina calidad de la semilla. Todas las cualidades antes

mencionadas deben equilibrarse entre sí y, por lo tanto, son igualmente cruciales para que una semilla se considere de alta calidad. La capacidad de las semillas para germinar, su vigor, viabilidad y longevidad (variables que afectan el desempeño de las semillas en el campo y durante el almacenamiento) generalmente se consideran indicadores de la calidad fisiológica de una semilla (Cargua 2023).

Debido a los efectos tecnológicos que resultan de la creación continua de materiales genéticos mejores y más avanzados, el maíz es especialmente importante desde el punto de vista económico. Estos efectos resultan en flujos monetarios como resultado del intercambio de bienes y otros de carácter social, y todo el proceso muestra una necesidad de empleo tanto directo como indirecto que permita proporcionar i. una porción importante de la población. (Vielma *et al.* 2019).

Para producir una semilla que transmita estas cualidades de generación en generación, que es el punto de partida de la producción agrícola, se deben aplicar controles de calidad específicos. La genética, la pureza física, la fisiología y la salud son factores relacionados con la calidad que nos ayudan a garantizar una agricultura eficaz y eficiente basada en semillas de alta calidad. Para garantizar que los usuarios obtengan la calidad que esperan y exigen de las semillas, las leyes y regulaciones deben establecer estándares mínimos de calidad (Cepeda 2019).

Sin embargo, la adopción de estas semillas sigue siendo relativamente baja (30 %), principalmente debido al tamaño de las fincas, el costo de las semillas mejoradas y el hecho de que los agricultores a quienes se ha dirigido su uso tienen grandes propiedades y buenas condiciones. calidad del suelo (Sánchez *et al.* 2017).

En varios países, el uso de híbridos de alto rendimiento y materiales genéticamente modificados ha aumentado la productividad y reducido las pérdidas relacionadas con las plagas. En Ecuador, sin embargo, además del uso de semillas híbridas, un precio competitivo de sostenimiento al productor ha permitido un aumento de la producción nacional y la productividad del maíz duro, así como una reducción de las importaciones de este cereal, lo que ha resultado en importantes beneficios económicos para la nación (Zambrano y Andrade 2021).

Se cree que la capacidad de germinar de un lote de semillas es un signo de su calidad. El genotipo de la planta, el clima durante el crecimiento y la cantidad de trabajo cultural realizado desde la siembra hasta la cosecha afectan la calidad de las semillas. Esto se crea por la interacción de las características genéticas, físicas, fisiológicas y de salud de la planta femenina, que se determinan durante el ciclo biológico de la planta femenina y están influenciadas por factores climáticos y fisiológicos (Magdaleno *et al.* 2020).

La categoría de obtentor puede ser producida por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), una empresa privada o una universidad, y su proceso de producción y control de calidad corresponde a estas instituciones. Sin embargo, su proceso de producción y control de calidad es supervisado por el MAG a través de inspecciones a los campos de multiplicación de semillas y monitoreo ambiental (Cepeda 2019).

La productividad de un cultivo particular en la agricultura se correlaciona con el valor de tener material vegetativo de alta calidad. Así, las semillas que mantienen tanto un análisis fisiológico como una certificación que asegura su origen y genotipo son las que más interés tienen los agricultores en adquirir (FAO 2019).

Dado que la calidad de las semillas afecta el desarrollo y crecimiento de los cultivos, se debe tener en cuenta en los estudios para aumentar el rendimiento y facilitar el cultivo de plántulas sanas. La expresión y asociación de diversos componentes, que están influenciados por las características de la planta, dan como resultado el rendimiento, un rasgo poli génico con baja heredabilidad. El enfoque general para determinar el vigor de las semillas se ha centrado en evaluar el deterioro porque el vigor es inversamente proporcional al deterioro (Magdaleno *et al.* 2020).

La capacidad de una semilla para germinar y producir plántulas de manera más rápida y uniforme, incluso en condiciones de campo difíciles, está determinada por su calidad fisiológica, que también incluye el vigor y las características relacionadas con la germinación. Los patógenos en el campo y durante el almacenamiento influyen en el potencial para la salud. Las pruebas de calidad

ofrecen así datos que ayudan a la diferenciación de lotes y a la elección de los agricultores familiares, como las mejores técnicas de almacenamiento. Como resultado, se puede garantizar un mejor control de calidad de estos materiales utilizados por los agricultores familiares (De Carvalho *et al.* 2022).

Las propiedades que determinan el nivel de actividad y rendimiento de una semilla durante la germinación y la aparición de plántulas se denominan colectivamente vigor de la semilla. Las semillas de alto vigor son aquellas que se desempeñan bien (Magdaleno *et al.* 2020).

La integridad estructural y molecular de las biomoléculas involucradas en los procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener un alto nivel de viabilidad y germinación es un factor importante en la calidad fisiológica de las semillas. Se cree que las pruebas de vigor para evaluar la calidad fisiológica son una forma más completa y precisa de conocer los niveles de calidad y predecir el comportamiento de un lote de semillas en particular cuando se expone a condiciones que no son del todo favorables para la aparición de semillas. Plántulas (Estrada *et al.* 2023).

Se requieren pruebas de calidad física y fisiológica para determinar la efectividad de las semillas porque la calidad de las semillas es un factor crucial en la toma de decisiones de los productores y las empresas de semillas, incluido el tipo de semilla y la superficie de siembra. La baja calidad física, fisiológica y sanitaria también es causada por el deterioro de la semilla de maíz (Magdaleno *et al.* 2020).

De acuerdo con la legislación nacional y las normas y reglamentos sobre semillas, normalmente se establecen normas o requisitos mínimos de calidad de las semillas. Independientemente del proceso de certificación, son posibles estándares mínimos para las semillas. Las mediciones de los atributos de calidad de las semillas generalmente se realizan utilizando procedimientos de prueba de semillas estandarizados de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA). Los genotipos (cantidades exactas de semillas) sirven como base para el análisis de semillas (Hurtado *et al.* 2017)

Tanto la economía formal como la informal dependen de buenas semillas. El sector formal incluye tareas específicas como proporcionar nuevas variedades y mantener su pureza, así como la certificación y distribución de semillas a los agricultores a través de canales de semillas acreditados. El tipo de supervisión utilizado para producir semillas de calidad puede cambiar según la clase o categoría de semillas. El sector informal, también conocido como sistema de semillas convencional o campesino, no está gobernado por el sector público (Chávez 2022).

Una semilla de calidad es aquella que es altamente viable o que puede producir una plántula saludable incluso en condiciones ambientales no ideales, como las que podrían existir en el campo. El primer paso para lograr un cultivo ideal es la calidad de la semilla que se sembrará, la cual es crucial para el buen establecimiento de la planta. La viabilidad, la germinación, el vigor y la salud se consideran las cuatro características de calidad más importantes (FAO 2019).

Para calcular la velocidad de emergencia se utilizó el número de plantas que emergieron por hilera cada día después de iniciada la emergencia, lo que ocurrió siete días después de la siembra (Magdaleno *et al.* 2020).

La suma de todas las características de las semillas que afectan la actividad y el comportamiento de un lote de semillas durante la germinación y la aparición de las plántulas se conoce como vigor de la semilla. Las semillas con buen comportamiento se denominan semillas de alto vigor y las semillas con mal comportamiento se denominan semillas de bajo vigor (FAO 2019).

Para evaluar la calidad fisiológica se utilizó la prueba de germinación (GE), mientras que para evaluar el vigor se utilizó la prueba de envejecimiento acelerado (EA) y la prueba de frío (PF), según estudios. Previa hidratación, se colocaron cuatro réplicas de cincuenta semillas entre rollos de papel kraft para el GE. Los rollos se distribuyeron aleatoriamente y se incubaron a 25 °C 2 °C durante 24 horas bajo un fotoperiodo de 24 horas. Utilizando una cantidad de semilla menor a la sugerida por la metodología internacional estandarizada, las plántulas se evaluaron a los 7 días con base en estándares internacionales (Estrada *et al.* 2023).

En bandejas de plástico selladas con 150 mL de agua destilada, la misma fuente afirma que se distribuyeron 100 semillas por duplicado sobre una malla metálica para el EA. Las semillas fueron envejecidas durante 72 horas a 41 °C con 1 °C de humedad relativa. Se colocaron 50 semillas en cuatro réplicas entre papel kraft hidratado en el PF para ser expuestas a condiciones de 10 °C 2 °C y 60 % 8 % HR durante cinco días. La metodología antes mencionada se utilizó para evaluar la germinación luego del estrés de EA y PF (Estrada *et al.* 2023).

Los agricultores intercambian, intercambian y venden semillas en el mercado del barrio. Este sistema informal se distingue por cinco características principales. Se basa en la tradición, es semiestructurado, tiene funciones específicas dentro de cada comunidad, utiliza múltiples mecanismos de intercambio y procesa pequeñas cantidades de semillas, generalmente en acciones. Fuerte demanda de los agricultores. Las variedades locales y autóctonas se han conservado durante siglos gracias a este sistema tradicional (Chávez 2022).

Para que los análisis puedan vincular los hallazgos a campos específicos, los genotipos de semillas deben ser consistentes y haber sido recolectados de un campo en particular. De acuerdo al tamaño de la semilla, el tamaño del lote de semillas variará. Normalmente, el tamaño del lote de semillas aumenta con el tamaño de las semillas. Cuando se siembran en las mismas condiciones sin estrés en el campo, algunos genotipos de semillas con porcentajes de germinación altos y comparables pueden exhibir comportamientos diferentes (Hurtado *et al.* 2017)

El uso de semillas con alta calidad fisiológica es esencial para el éxito de muchas empresas agrícolas y bancos de semillas que apoyan la preservación de germoplasma agrícola vital. También ayuda a los productores a lograr los rendimientos financieros deseados y satisfacer la creciente demanda de producción agrícola y agroindustrial (Cargua 2023).

La tasa de deterioro depende de los factores ambientales presentes durante el almacenamiento, así como del tiempo que se conservan las semillas. La calidad de las semillas disminuye con el tiempo. El vigor de la semilla es el primer aspecto de la calidad que se degrada, luego disminuye la germinación o la producción

normal de las plántulas y finalmente la semilla muere. El vigor de las semillas, que asegura la pureza real de estas semillas, se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote de semillas de una especie que cumple con los requisitos para ser sembrada (FAO 2019).

El objetivo de la prueba de germinación es evaluar la viabilidad de un lote de semillas, que se evalúa mediante la proporción de semillas que pueden producir plántulas típicas en condiciones ideales de luz, agua, aire y temperatura. El porcentaje de plántulas normales utilizado para calcular la capacidad de germinación se determina mediante la prueba de germinación, que se realiza en un laboratorio en condiciones controladas de humedad, temperatura y luz. El proceso de germinación se divide en tres etapas: ingesta de agua; activación del metabolismo; síntesis de proteínas y carbohidratos; y agotamiento de las reservas. La tercera etapa es la rotura testicular, que permite que emerja la radícula y posteriormente la plúmula o tallo (Salinas *et al.* 2018).

La prueba de velocidad de emergencia, en la que se cuenta el número de días que emergió una plántula para crear un índice, permite crear mejores estimaciones del vigor de las plántulas para su uso en programas de mejoramiento genético porque se ha demostrado que las plántulas con mayor vigor tienen características aceptables. Para área foliar, peso seco y longitud de raíz (Martínez *et al.* 2020).

Es crucial considerar la definición de vigor porque el vigor de la semilla es una medida de qué tan bien sobreviven fisiológicamente las semillas. La suma de todas las características de las semillas que afectan la actividad y el comportamiento de un lote de semillas durante la germinación y la aparición de las plántulas se conoce como vigor de la semilla. El vigor de la semilla es la cualidad que determina el potencial de una semilla para lograr una germinación rápida y uniforme, una buena emergencia en el campo, la capacidad de proporcionar un buen establecimiento del cultivo en condiciones de campo diversas y ocasionalmente menos que ideales, y que tenga una buena capacidad. Conservación del almacenamiento (García 2022).

La evidencia sobre la calidad fisiológica de las semillas en nuestro país es escasa, lo cual es crucial para que el control de calidad prediga el comportamiento inicial en el campo durante el proceso de evaluación. Debido a la importancia de tener un mejor control de calidad de sus productos, tanto los agricultores como las empresas con laboratorios de semillas deben realizar una serie de pruebas para evaluar el vigor de sus semillas. El uso de semillas de alta calidad fisiológica es un componente crucial en el establecimiento de cualquier cultivo, el vigor es un factor muy importante, especialmente ante el aumento de costos (Chicaiza y Quevedo 2022).

En una investigación se propuso un experimento para conocer los efectos ambientales de la temperatura y la humedad relativa en condiciones de almacenamiento con el objetivo de evaluar la calidad fisiológica y la viabilidad de semillas de maíz, frijol y sorgo. Los tres tipos de semillas se evaluaron por separado mediante un diseño experimental completamente al azar, teniendo en cuenta las variables porcentaje de germinación, vigor, pureza física y daño por patógenos en cada experimento. Según los hallazgos del estudio, las semillas de maíz almacenadas en condiciones controladas tenían un nivel de humedad de 7,83 por ciento, mientras que las semillas almacenadas en bolsas de papel tenían un nivel de humedad de 5,61 por ciento. Dado que las semillas de maíz superaron a otras semillas en términos de viabilidad, se recomienda almacenarlas en ambientes que no comprometan la calidad de las semillas (Erazo 2018).

Se realizaron pruebas de viabilidad para identificar y medir el daño causado a algunos eventos iniciales de germinación de semillas y crecimiento de plántulas por el envejecimiento natural. Para este análisis de los componentes físicos y fisiológicos de las semillas de maíz almacenadas tanto en interiores como en exteriores se utilizaron dos cruces simples de maíz (INIAP H-554 y H-551) y sus líneas parentales. Las variables que se evaluaron fueron la conductividad eléctrica (S/cm), la escala de pH y las pruebas de tetrazolio. En la prueba de tetrazolio, las semillas del híbrido INIAP H551 lograron mantener un 96 por ciento de viabilidad mientras que el mismo híbrido demostró una germinación de 96 puntos 22 por ciento. Se encontraron correlaciones significativas para la suma de pH, oscilando valores en semillas de maíz de 5,1 para el valor más bajo y 5,7 en semillas

almacenadas en medio controlado. (Gutiérrez *et al.* 2017).

En los últimos años, se ha advertido que el estrés abiótico provocado por el cambio climático (en particular, el aumento de la temperatura y el estrés hídrico) reducirá el rendimiento y la calidad de las semillas, especialmente la calidad fisiológica esencial para el buen desempeño de las plantas en el campo. Por ello, se deben buscar alternativas para paliar los efectos negativos de la crisis climática sobre la calidad de las semillas (Cargua 2023).

El embrión, que está inactivo o en estado latente, reanuda su crecimiento durante el proceso de germinación y crece hasta convertirse en una planta. "Varios factores deben confluir durante la germinación para que el embrión de la semilla vuelva a desarrollarse. Hartman y Kester enumeran tres requisitos previos: el embrión debe ser viable (vivo), deben existir condiciones ambientales favorables y no debe haber obstáculos internos. "germinación " (García 2022).

La calidad física de las semillas se ve directamente afectada por el daño mecánico, que también puede provocar la pérdida o inestabilidad de varios componentes celulares, acelerando el deterioro fisiológico y de salud de las semillas. Aunque no desempeñan una función metabólica, los tejidos dañados mecánicamente en ocasiones pueden provocar una disminución de la calidad fisiológica. La ruptura del endospermo puede provocar la producción de una plántula anormal o tener un impacto en la calidad de la semilla al limitar la transferencia de nutrientes al eje embrionario. De manera similar, la ruptura de las semillas puede resultar en una mayor invasión de hongos y otros patógenos (Mancera *et al.* 2019).

Las pruebas de germinación de semillas en laboratorio pueden usarse para evaluar la calidad fisiológica, pero deben complementarse con una evaluación adecuada de la capacidad de las plántulas para emerger en el campo, razón por la cual las pruebas de vigor son cruciales. Las pruebas de vigor de las plántulas intentan evaluar el potencial de una rápida emergencia y desarrollo de las plántulas en una variedad de condiciones ambientales. La calidad física de la semilla también se puede evaluar tomando en cuenta factores como su contenido de humedad,

pureza física, daño mecánico, apariencia, peso a mil semillas y peso volumétrico, entre otros (García *et al.* 2018).

Pruebas de germinación

Prueba de germinación estándar La prueba de germinación tiene como finalidad determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del por ciento de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura. La prueba de germinación “estándar entre papel” se desarrolla en condiciones de laboratorio, consiste en evaluar la semilla tratada con NPs o NTC en condiciones controladas de humedad, temperatura y luz, para determinar el porcentaje de plántulas normales que determinan la capacidad germinativa. El proceso de germinación está constituido por tres fases: i) imbibición de agua ii) activación del metabolismo, síntesis de proteínas y carbohidratos y degradación de reservas; iii) desarrollo del embrión y ruptura de las testa a través de la cual se observa la emergencia de radícula y posteriormente la plúmula o tallo (López *et al.* 2016).

Prueba de tetrazolio: ampliamente utilizada en el control de calidad, determina indirectamente la actividad respiratoria de las células que componen los tejidos de las semillas. La prueba se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas que catalizan las reacciones respiratorias, presentes en las mitocondrias (ubicadas dentro de las células vegetales) detectadas después de usar una solución indicadora (Martínez 2018).

Prueba de tetrazolio: las semillas deben envasarse en papel de germinación humedecido con una cantidad de agua equivalente a 2,5 veces su peso seco y mantenerse en una cámara de BOD (TE-381/1) durante 16 horas, a 25°C. °C. Después del pre-acondicionamiento, las semillas se colocan en frascos y se sumergen completamente en la solución de tetrazolio 0.075%, en ausencia de luz, y a una temperatura de 35 °C a 40 °C durante aproximadamente 150 a 180 minutos. Después de la tinción, las semillas se lavan y evalúan individualmente (Martínez 2018).

Prueba de conductividad eléctrica: la prueba de conductividad eléctrica es una prueba de vigor aplicable a semillas de diversas especies, que se destaca por su rapidez y facilidad de ejecución. Con base en el hecho de que durante el proceso de deterioro de la semilla se produce la lixiviación de sus constituyentes celulares, se considera que a mayor valor de la conductividad eléctrica de la solución (mayor cantidad de solutos en el medio), menor es el vigor de las semillas (Martínez 2018).

Prueba de conductividad eléctrica: Las semillas se pesan en una balanza analítica o semi-analítica y se sumergen en vasos de plástico (200 ml de capacidad) que contienen 75 ml de agua desionizada. Las muestras se mantienen en una cámara de germinación (equipo similar a los utilizados en la prueba de germinación) a 25 ° C durante 24 horas. Después del período de inmersión, se determina la conductividad eléctrica de las soluciones de inmersión (Conductivímetro Digital TEC-4MP) y los resultados se dividen por el peso de cada muestra y se expresan en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semilla (Martínez 2018).

Prueba de frío: se utiliza para evaluar la calidad fisiológica de la semilla en condiciones adversas, siendo muy utilizada en regiones de clima templado, donde el tiempo de siembra puede coincidir con el período lluvioso y de baja temperatura (generalmente a partir de 10°C). En general, si los resultados de esta prueba se acercan a los datos obtenidos por la prueba de germinación, puede mostrar que las semillas tienen la capacidad de germinar en una amplia gama de condiciones ambientales. La metodología es generalmente similar a la prueba de germinación, sin embargo, las semillas se mantienen a baja temperatura durante un tiempo determinado, seguido de la prueba de germinación. La temperatura y el período varían según la especie y el propósito del ensayo (Martínez 2018).

En esta prueba de germinación el sustrato (papel) provee la humedad que requiera la semilla durante el proceso de germinación. Es importante utilizar como sustrato un papel de alta calidad que permita un óptimo desarrollo de la germinación y que los resultados puedan ser reproducibles (López *et al.* 2016).

Las pruebas de germinación en CAGER fueron realizadas en bandejas de aluminio, con sustrato de cuatro capas de papel toalla blanco húmedo, encima del

cual, se colocaron las semillas y luego, se cubrieron con otra cantidad igual de papel toalla húmeda. Las bandejas con las semillas fueron colocadas, posteriormente, dentro de una cámara de germinación, a una temperatura de 28°C, humedad relativa de 80%, con periodo de luz de 10h/día y regadas diariamente de forma uniforme. Las pruebas de germinación, en condiciones de CAMA, fueron implementadas con recubrimiento de polipropileno color negro, malla antiafidos, temperatura media de 29°C, humedad relativa del 70% y sombreamiento de 33%. Las semillas fueron sembradas a una distancia de 5cm entre hileras y 3cm entre semillas, en bandejas de aluminio, con un sustrato uniforme, conformado de 50% de arena cuarcítica y 50% de arcilla, ambos desinfectados con agua caliente. La profundidad de siembra fue de 2/3 del tamaño de la semilla, con la parte por donde emerge la radícula hacia abajo. Se realizaron dos riegos diarios a las 10a.m. y a las 4p.m.; la germinación fue valorada diariamente durante 55 días. Se consideró la germinación cuando los cotiledones se levantaron del nivel del sustrato (Espitia *et al.* 2016).

Las pruebas de germinación en el maíz son fáciles de realizar. Es común el uso de sustratos como toallas de papel filtro, papel Kimpax, algodón, tela, serrín, cuarzo, sílice y otros. Las condiciones para la germinación también suelen ser diversas, como el empleo de bolsas plásticas selladas. La Asociación Internacional para Pruebas de Semillas, recomienda para la germinación del maíz sustratos libres de sustancias tóxicas o arena esterilizada. La temperatura debe ser de 25 ± 1 C o temperaturas alternantes de 20 ± 1 C (16 horas) y de 30 ± 1 C (8 horas) con humedades relativas entre 90-95%. Los recuentos de semillas germinadas se realizan a los 4 y 7 días después del inicio de la prueba (Escobar 2015).

Características agronómicas de híbridos de maíz.

H-601

Es un híbrido convencional sencillo creado al cruzar la línea (S4) LP3a con la línea S6 L14 (CIMMYT) como progenitor femenino. Este híbrido exhibe los siguientes rasgos agronómicos:

- Se necesitan 120 días para el ciclo vegetativo.
- la planta mide 232 cm de altura.

- Inserción de la mazorca: 118 cm.
- 52 días hasta que los machos florezcan.
- 55 días hasta que las hembras comiencen a florecer.
- Tamaño de la mazorca: 5 cm.
- Medida mazorca: 19 cm.
- Grano amarillo, cristalino y duro.
- Resistencia al vuelco o alojamiento.
- Resistencia a la sequía.
- 1000 semillas pesan 412 g.
- Producción precisa de semillas certificadas por hectárea. 15 kilos/ha.
- 162 qq/ha en rendimiento posible. (Trujillo y Zambrano 2022).

H-603

Se produce cruzando la línea S4; Lugar de nacimiento. 3F4. Presenta las siguientes características agronómicas porque es un cruce entre la línea CML-451 y la línea 27-1-1, lo que le otorga excelentes características agronómicas y un alto potencial de rendimiento, tales como:

- Se necesitan 120 días para el ciclo vegetativo.
- Altura de la planta: 259 cm.
- Inserción de la mazorca: 127 cm.
- Grano amarillo, cristalino y duro al tacto.
- La floración masculina tarda 55 días.
- La floración femenina dura 57 días.
- 20 cm es el largo de la mazorca.
- El diámetro del maíz es de 5 cm.
- Resistencia al vuelco o alojamiento.
- 360 g, o mil semillas.
- La población de plantas por hectárea es de 62.500 cuando se siembran a una densidad de 80 cm en hileras y 20 cm entre plantas.
- Aproximadamente cuánta semilla certificada se planta por hectárea 20 kg/ha (Trujillo y Zambrano 2022).

Híbrido Advanta 9139

El híbrido Advanta 9139 tiene las siguientes características agronómicas:

- 0 a 800 metros sobre el nivel del mar es el rango de adaptación.
- La vida útil es de 125 días.
- Días de emergencia: 4-6.
- 58 días hasta la floración.
- 125 días hasta la cosecha.
- Tipo de grano: cristalino.
- Altura de la planta: 232 cm.
- 121 cm para la inserción de la mazorca.
- Hileras de 121 cm por mazorca.
- 37,5 granos por hilera.
- Se aconseja cosechar 62.500 plantas por ha.
- Buena tolerancia a la pudrición de la mazorca.
- Rendimiento para TM y HA: 10,55.
- 227 quintales de rendimiento por ha. (Herrera 2021).

PIONEER P4039

El híbrido, denominado Pioneer P4039, proviene de Brasil y es propiedad de CORTEVA AGRISCIENCE, antes conocida como DOW AGROSCIENCES.

- Ciclo vegetativo de 125 días.
- De cuatro a siete días después de la siembra, el material comienza a emerger.
- Si se cultiva en condiciones ideales, P4039 puede florecer entre 55 y 58 días después de la siembra.
- Cosecha entre 120 y 140 días después de la siembra.
- El grano que se forma en este híbrido es Semicristalino y tiene un color Amarillo Anaranjado.
- En circunstancias ideales, la planta puede crecer hasta una altura de 275 cm.
- El índice de desgrane del 80 % significa que todo el grano constituye el 80 % del peso de la mazorca.
- En la mazorca, este híbrido ha crecido hasta una altura de 14 a 16 hileras, con un promedio de 38 a 42 granos por hilera.
- Este híbrido es muy resistente al acame de tallos y raíces. Para este material se recomienda una densidad de población de 62.500 plantas por hectárea, con una

distancia de siembra ideal de 20 a 25 cm entre plantas y de 80 a 90 cm entre hileras.

- El híbrido PIONEERP4039 tiene un rendimiento por hectárea de 180 a 240 qq/ha, una alta carga nutricional y excelentes condiciones climáticas y de suelo. (Zavala 2021).

Híbrido Advanta 9313

El híbrido Advanta 9313 tiene las siguientes características agronómicas:

- Los días 5 y 6 son días de emergencia.
- 54–55 días hasta la floración.
- Tipo de grano semicristalino.
- El color del grano es de amarillo a naranja.
- Altura de Planta (m): 2,8.
- Altura de la mazorca (m) 1:25–1:30.
- Porcentaje de bombardeo de 80 a 82.
- Entre 18 y 20 hileras por mazorca.
- 35–45 granos por hilera.
- Porcentaje de alojamiento del tallo 0,5.
- Porcentaje de acameamiento radicular 1.
- Zona de cultivo de maíz del Ecuador, o zona de adaptación.
- Entre 62.500 y 75.000 personas por hectárea (plantas).
- Produce 220 qq por ha. (Herrera 2021).

Adaptación de híbridos de maíz

En el Ecuador, los híbridos que actualmente se siembran han sido evaluados principalmente desde el punto de vista agronómico, y no la calidad de su grano. El análisis de calidad llega por lo general a nivel de contenido de proteínas y no al de aminoácidos. Por consiguiente, para recomendar variedades e híbridos de maíz es necesario considerar su adaptación a diferentes localidades considerando los parámetros de producción y calidad (Coronel *et al.* 2009).

A nivel nacional la producción de maíz se fracciona en aquellas que se generan de manera tecnificada por parte de los grandes productores (agricultura

convencional) y de forma manual, conformada por los pequeños productores (agricultura tradicional), los cuales han alcanzado un rendimiento promedio de 7,1 y 4,8 t ha⁻¹ respectivamente. La desventaja por parte de los pequeños productores es que no cuentan en su gran mayoría con la información necesaria, que les proporcione características representativas del cultivo, así como adaptación a la zona, niveles de producción, resistencia a plagas y enfermedades, exigencias agroclimáticas, e incluso requerimientos nutricionales, considerando la calidad de los suelos de la zona, que son particularidades esenciales al momento de elegir el material genético que va a implantar en sus predios en busca de alcanzar una producción elite, y sencillamente se guían por la semilla que se encuentra en la casa comercial de su confianza (Guamán *et al.* 2020).

En la localidad de Quevedo se registró el mayor número de días a maduración de los híbridos, lo que se atribuye, a la mayor cantidad de humedad que se almacena en los suelos de Quevedo. Al evaluar el efecto de la localidad sobre los híbridos de maíz, la floración y la maduración tienen una mayor dispersión en la localidad de Quevedo, debido posiblemente a la menor luminosidad y mayor humedad de esta localidad en relación con la localidad de Vinces (Coronel *et al.* 2009).

1.6. Hipótesis

Ho= La calidad de la semilla no tiene efecto positivo sobre la productividad del cultivo.

H1= La calidad influye positivamente en el rendimiento y productividad del cultivo de maíz.

1.7. Metodología de la investigación

Este documento, que también tiene un aspecto práctico, se realizó recopilando información de todo tipo a través de investigaciones en diversos sitios web, trabajos académicos, fuentes y bases de datos bibliográficas accesibles en plataformas digitales.

El diseño de investigación de este estudio es de tipo bibliográfico y solo permite la observación de eventos del mundo real a medida que ocurren.

Los datos fueron analizados, combinados y resumidos con el fin de establecer información específica relevante para este proyecto de investigación, que tuvo como tema “Calidad fisiológica de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) Y su efecto en la productividad del Ecuador”, enfatizando su importancia. Y esbozar temas generales para la aceptación académica y social del lector.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Este documento analizó las características fisiológicas de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su efecto en la productividad del Ecuador.

Debe entenderse que el término "calidad fisiológica" se refiere a los mecanismos inherentes a la semilla que determinan su capacidad de germinación, emergencia y desarrollo de aquellas estructuras necesarias para producir una planta típica en condiciones óptimas.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Entre las situaciones detectadas se tiene:

- Las semillas con índices de calidad fisiológicos más bajos pierden su valor, lo que reduce los niveles de producción de un cultivo en particular, lo que influye de manera crucial en la producción.

- Aunque es una práctica que podría estar respaldada por estudios para determinar el potencial fisiológico de las semillas, muchas veces se desconoce la calidad fisiológica de las semillas. Los usuarios de semillas que se venden en diversos centros agrícolas asumen que las semillas que compran desempeñarán su papel en la producción de la especie elegida.

- Los agricultores pueden obtener buenos rendimientos de los híbridos de maíz con un alto potencial de productividad.

2.3. Soluciones planteadas

Entre las situaciones planteadas se tiene:

- Para asegurar el éxito de cualquier cultivo, es fundamental considerar la calidad de la semilla que se sembrará. La semilla es la materia prima con la que se inicia la producción. Para rendir al máximo, es fundamental que responda bien a las condiciones de siembra y que produzca una plántula fuerte.
- La semilla mejorada es una tecnología con valor estratégico porque aumenta la eficiencia productiva de recursos como tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, etc. Como un cultivo nunca puede ser de mayor calidad que la semilla sembrada, es imposible obtener una buena cosecha si no comienza con semillas de calidad.
- Efectuar ensayos permanentemente sobre híbridos de maíz en diferentes zonas agroecológicas para determinar su potencial productivo.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones propuestas son:

- Las semillas con índices de calidad fisiológicos más bajos se vuelven menos valiosas, lo que reduce los niveles de producción de un cultivo en particular, lo que desempeña un papel importante a la hora de influir en la producción.
- Los usuarios de semillas que se venden en diversos centros agrícolas asumen que las semillas que compran desempeñarán su papel en la producción de la especie elegida.
- Los agricultores pueden obtener altos rendimientos de los híbridos de maíz debido a su alto potencial de productividad.
- Es necesario enfatizar la importancia de los análisis fisiológicos de la semilla porque para obtener una buena producción son necesarias semillas de buena calidad con pruebas que aseguren su calidad y rentabilidad. De esta manera, el mantenimiento de la calidad de las semillas es de gran ayuda para aumentar la productividad de los cultivos de forma sustentable y sustentable.

- Al expresar su comportamiento en vigor y viabilidad al analizar las pruebas de verificación fisiológica, se pueden distinguir contundentemente genotipos que exhiben calidad fisiológica mediante pruebas de vigor de semillas, pruebas de resistencia y el método de envejecimiento acelerado.
- La mejor semilla de maíz según su potencial productivo son los híbridos, especialmente los Pioneer 4039 con 10,90 tn/ha.

2.5. Recomendaciones

Por lo detallado se recomienda:

- Sembrar la semilla de maíz Pioneer 4039, por su excelente potencial productivo en la zona de la provincia de Los Ríos.
- Realizar pruebas adicionales de vigor de las semillas como se describe en las metodologías oficiales, para confirmar la efectividad de los genotipos de semillas utilizados en un estudio determinado.
- Utilizar diversas pruebas de vigor en diversas especies para examinar las características fisiológicas de las semillas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cargua Chávez, J. *et al.* 2023. «Calidad fisiológica y crecimiento temprano de plántulas de maíz en función de dosis y tiempos de remojo de semillas en bioestimulante». *South Sustainability*, 4(1), e076. Disponible en <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1459/1141>
- Cepeda, G. M. C. 2019. Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 116-123. Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/1415>
- Chávez, O. 2022. Situación del cultivo de maíz en Guatemala: principales limitaciones en la productividad. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1). Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2596/2972>
- Chicaiza Gómez, D. A., & Quevedo Andino, H. B. 2022. *Determinación de la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de maíz (zea mays) en condiciones de campo y laboratorio* (Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8573>
- Coronel, T. G. D., Ávila, F. A. S., Montúfar, G. H. V., & Montes, S. Z. (2009). Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 2(1), 15-23. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/79/93>
- De Carvalho Falca Lima, L., Fachini C., Da Silva, V., Rodrigues Placeres J., Forti, A. 2022. Maíz criollo del suroeste de São Paulo, Brasil: diversidad y calidad de semillas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 15-28. Epub 02 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2790>
- Erazo, A. 2018. Deterioro de calidad física y viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor*) durante su almacenamiento. Tesis de Grado, Universidad El Zamorano, Carrera de Agroindustrias, Tegucigalpa. Disponible en

<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1985>

- Escobar, R. 2015. Comparación de algunos métodos para la evaluación de la germinación en semillas de maíz (*Zea Mays M.*). *Revista Agronomía Costarricense*, 3(1), 7-11. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n01_007.pdf
- Espitia, Miguel, Cardona, Carlos, Araméndiz, Hermes. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 307-315. Retrieved October 24, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000200007&lng=en&tlng=es
- Estrada-Urbina, J., Cantú-López, E., Molina-Moreno, J. C., Estrada-Gómez, J. A. 2023. Madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays L.*) mediante marcadores morfológicos y el contenido de humedad. *Agronomía Mesoamericana*, 53269-53269. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/53269/56459>
- FAO. 2019. Materiales para capacitación en semillas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 12-18. Disponible en <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CA1491ES>
- García Bosmediano, E. E. 2022. Evaluación de Características Fisiológicas de maíz (*Zea mays*) de cinco colectas (Línea UTC) en el Centro Experimental Salache CEASA-2022 (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga (Universidad Técnica de Cotopaxi)). Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9454/1/PC-002402.pdf>
- García Rodríguez, Juan J., Ávila-Perches, Miguel A., Gámez-Vázquez, Francisco P., O-Olán, Micaela de la, & Gámez-Vázquez, Alfredo J. 2018. Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(1), 31-37. Epub 21 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.31-37>
- Guamán Guamán, Rocío Noemí, Desiderio Vera, Teodoro Xavier, Villavicencio Abril, Ángel Fabián, Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, & Romero Salguero, Edison Javier. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>

- Gutiérrez, G., Virgen, J., & Arellano, J. 2017. Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 5-6. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5046>
- Herrera Almea, J. J. 2021. *Estudio de la aplicación de fosfito de potasio en híbridos de maíz Zea mays, en la parroquia Sabanilla, cantón Pedro Carbo* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53186/1/Herrera%20Almea%20Juan%20Jos%c3%a9.pdf>
- Hurtado, L., Urgiles, N., Eras, V., Muñoz, J., Encalada, M., & Quichimbo, L. 2020. Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 44-57. Disponible en <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/825>
- López, J., Torres, N., Saldivar, R., Reyes, I., & Argüello, B. 2016. Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. *Centro de Investigación en Química Aplicada (CIBQ)*, 129-140. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n,%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>
- Magdaleno-Hernández, E., Magdaleno-Hernández, A., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velázquez, M., Sanchez-Escudero, J., García-Cué, J. 2020. Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(3), 569-581.
- Mancera Rico, Arturo, Ramírez-Jaspeado, Araceli, Venegas Ordoñez, María del Rosario, Vásquez-Siller, Leila M., & Villaseñor-Perea, Carlos A. 2019. Daño tisular y calidad fisiológica en semillas de maíz sometidas a compresiones equivalentes a ruptura. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 393-403. Epub 16 de octubre de 2020. Recuperado en 03 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000400393&lng=es&tlng=es.
- Martínez Solís, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M., Romero, A. 2020. Índice de

velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9-11. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000300002&script=sci_arttext

Martínez, L. 2018. La germinación y la prueba de vigor, dos parámetros esenciales en la calidad de la semilla. Disponible en <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/prueba-de-vigor-y-germinacion-como-parametros-en-la-calidad-de-las-semillas>

Pérez de la Cerda, Felipe de Jesús, Carballo Carballo, Aquiles, Santacruz Varela, Amalio, Hernández Livera, Adrián, & Molina Moreno, Juan Celestino. 2018. Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura técnica en México*, 33(1), 53-61. Recuperado en 02 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000100006&lng=es&tlng=es.

Salinas, A., Yoldjan, A., & Craviotto, R. 2018. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Revista Agropecuaria de Brasilia*, 9-13. Disponible en <https://www.scielo.br/j/pab/a/YPkXVKw9MbRZDgbhyJ5T7NK/?format=pdf&lang=es>

Sánchez-Toledano, Blanca Isabel, Kallas, Zein, & Gil, José María. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 269-287. Recuperado en 02 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000200019&lng=es&tlng=es.

Trujillo Bayas, J. E., & Zambrano Loor, S. M. 2022. *Eficiencia agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo seco, en Portoviejo–Manabí* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1863/1/TIC_A06D.pdf

Vielma B, Magaly, Cerovich, Miriana, Miranda, Fausto, & Marín R, Carlos. (2019). Influencia de la semilla certificada de maíz en la productividad de los sistemas de producción de maíz en grano de los estados Portuguesa y Guarico. *Agronomía Tropical*, 55(3), 343-361. Recuperado en 02 de octubre

de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000300002&lng=es&tlng=es.

Zambrano, Carlos Edison, & Andrade Arias, Mariela Susana. 2021. Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143-150. Epub 02 de agosto de 2021. Recuperado en 02 de octubre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000400143&lng=es&tlng=es.

Zavala Vera, K. L. 2021. *Evaluación de híbridos de maíz con diferentes niveles de nitrógeno para la producción de baby corn y choclo en el sector El Deseo, Yaguachi* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56197/1/Zavala%20Vera%20Katiuska%20Liliana.pdf>