

FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DURO (*Zea mays* L.) EN EL ECUADOR

FACTORS INFLUENCING THE PRODUCTION OF HARD CORN HYBRIDS (*Zea mays* L.) IN ECUADOR

✉ **Lénin Abdón Morán Santana, Ing.**

Universidad de Guayaquil
lmoransantana1986@gmail.com
Vinces, Ecuador

✉ **Milton Senén Barcos Arias, Ph.D.**

Universidad de Guayaquil
milton.barcosa@ug.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

✉ **Fabián Alberto Gordillo Manssur, Ph.D.**

Universidad de Guayaquil
fabian.gordillom@ug.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

ARTÍCULO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Recibido: 09/01/2026

Aceptado: 24/02/2026

Publicado: 30/03/2026

RESUMEN

El maíz duro amarillo (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos transitorios relevantes en el Ecuador, especialmente en la región litoral, donde se ve representado el 78 - 80% de la producción nacional de maíz. La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar los principales factores que inciden en la producción de híbridos de maíz duro en Ecuador, incluyendo aspectos genéticos, agronómicos, climáticos, edáficos y socioeconómicos. Se identificó que el rendimiento promedio nacional alcanza 4.64 t ha^{-1} , significativamente inferior al potencial genético de los híbridos disponibles ($10\text{-}12 \text{ t ha}^{-1}$). Los factores limitantes incluyen la variabilidad climática, especialmente la distribución irregular de precipitaciones; deficiencias en la fertilidad del suelo y manejo nutricional; incidencia de plagas y enfermedades; y las limitaciones existentes en la adopción de tecnologías por parte de los pequeños productores. El trabajo de mejoramiento genético desarrollado por instituciones como el INIAP ha generado híbridos adaptados a las condiciones agroecológicas locales. La implementación de paquetes tecnológicos integrales, que incluyan híbridos mejorados, manejo agronómico apropiado y políticas de apoyo al sector, resulta fundamental para incrementar la productividad y sostenibilidad de éste cultivo en Ecuador.

Palabras Clave: *Zea mays*, rendimiento, factores de producción

ABSTRACT

Yellow flint corn (*Zea mays L.*) It constitutes one of the relevant temporary crops in Ecuador, especially in the coastal region, where it accounts for 78–80% of the national corn production. The present literature review aims to analyze the main factors that influence the production of hard corn hybrids in Ecuador, including genetic, agronomic, climatic, edaphic, and socioeconomic aspects. The average national yield was found to be 4.64 t ha⁻¹, significantly lower than the genetic potential of available hybrids (10–12 t ha⁻¹). Limiting factors include climatic variability, particularly the irregular distribution of rainfall; deficiencies in soil fertility and nutrient management; the incidence of pests and diseases; and limitations in the adoption of technologies by small-scale farmers. Genetic improvement work carried out by institutions such as INIAP has generated hybrids adapted to local agroecological conditions. Implementing comprehensive technological packages, including improved hybrids, appropriate agronomic management, and policies to support the sector, is essential to increasing the productivity and sustainability of this crop in Ecuador.

Keywords: *Zea mays*, *yield*, *production factors*

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial, tanto por su valor alimenticio como por su versatilidad industrial (Shiferaw et al., 2011). En Ecuador, el maíz constituye el segundo cultivo transitorio por extensión, con aproximadamente 355.000 hectáreas sembradas en 2021, generando una producción estimada de 1,38 millones de toneladas (INIAP, 2022). De esta producción, el 78 - 80% corresponde a maíz duro amarillo, cultivado principalmente en las provincias del Litoral ecuatoriano, destinado en gran medida a la industria avícola y porcícola para la elaboración de alimento balanceado (Caviedes, 2019).

La producción de maíz duro en el Ecuador ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas dos décadas, atribuido principalmente a dos factores determinantes: el empleo de semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento y la implementación de políticas de precios mínimos de sustentación que incentivaron la inversión tecnológica (Caviedes, 2019). No obstante, el rendimiento promedio nacional de 4,64 t ha⁻¹ sigue siendo significativamente inferior al potencial genético de los híbridos disponibles, que oscila entre 10 y 12 t ha⁻¹ bajo condiciones óptimas (Virgen et al., 2016; Zambrano et al., 2020).

Esta brecha que se da en el rendimiento, evidencia la existencia de múltiples factores limitantes que afectan la expresión del potencial productivo de los híbridos de maíz duro en las condiciones agroecológicas del Ecuador. Entre estos factores se destacan las limitaciones climáticas, principalmente la distribución irregular de las precipitaciones; las deficiencias en fertilidad y manejo del suelo; la incidencia de plagas y enfermedades; y las restricciones socioeconómicas que limitan la adopción de tecnologías por parte de pequeños y medianos productores (Caviedes et al., 2022).

El mejoramiento genético del maíz ha sido fundamental en el incremento de la productividad agrícola global (Hallauer et al., 2010). En Ecuador, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha desarrollado un programa continuo de mejoramiento genético que ha generado diversos híbridos adaptados a las condiciones locales, como el INIAP-H551, INIAP-H601 y INIAP-101, entre otros (Zambrano et al., 2020; Loayza et al., 2021). Estos materiales representan alternativas importantes frente a los híbridos comerciales importados, ofreciendo mejor adaptación a las condiciones agroecológicas regionales y reduciendo la dependencia tecnológica externa.

La interacción genotipo-ambiente juega un papel crucial en la expresión del rendimiento de los híbridos de maíz (Blum, 2011; Fernández et al., 2019). Las condiciones ambientales variables de las zonas productoras ecuatorianas, caracterizadas por heterogeneidad en suelos, regímenes pluviométricos y presencia de factores bióticos adversos, generan respuestas diferenciales entre genotipos, lo que demanda una evaluación rigurosa de la adaptabilidad y estabilidad de los materiales genéticos (Villamar et al., 2018; Mendoza et al., 2019).

El presente trabajo de revisión tiene como objetivo analizar de manera integral los principales factores que inciden en la producción de híbridos de maíz duro en Ecuador, considerando aspectos genéticos, agronómicos, ambientales y socioeconómicos. Se pretende proporcionar una visión comprehensiva del estado actual del conocimiento sobre este tema, identificar brechas de investigación y proponer lineamientos para optimizar la producción del cultivo en el contexto ecuatoriano.

1. Importancia económica y social del maíz duro en Ecuador

1.1 Contexto productivo nacional

El maíz amarillo duro se produce mayoritariamente en la región Litoral ecuatoriana, siendo las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja las principales zonas productoras, que concentran mayor área sembrada (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024). La superficie

cultivada ha mostrado variaciones anuales dependiendo de factores climáticos y económicos, oscilando entre 300.000 y 365.000 hectáreas en la última década (FAO, 2021; INIAP, 2022).

La producción de maíz duro constituye una actividad fundamental para la seguridad alimentaria del país, dado que aproximadamente el 80% de la producción se destina a la elaboración de alimento balanceado para la industria avícola y porcícola, sectores que proveen proteína animal a la población. El 20% restante se utiliza en la industria de snacks, cervecería y consumo humano directo (Caviedes, 2019).

1.1.1. Costos de producción.

En la Tabla 1, se presenta el costo promedio de producción de maíz expresado en dólares, teniendo como referencia los productores de maíz en los cantones de la Provincia de Los Ríos. Se clasifican las prácticas agrícolas usadas en las unidades locales incluyendo los costos efectivo y no efectivo, así como de los costos totales sin y con arriendo de terreno (Zambrano et al., 2022).

En los costos incluido arriendo de terreno se tuvo un promedio de \$1497.8 por hectárea en la que los productores de los cantones Ventanas y Mocache registran los costos más altos en comparación a Palenque y Vinces que tuvieron los menores costos totales por hectárea pues destinan bajos recursos a actividades mecanizadas, análisis de suelo y semilla.

Tabla 1

Tabla de costos por hectárea de maíz amarillo duro en la provincia de Los Ríos, 2020

COSTOS	LOS RÍOS			
	PALENQUE (USD)	VENTANAS (USD)	MOCACHE (USD)	VINCES (USD)
Maquinaria para preparar el terreno	60	90	90	60
Análisis de suelo	0	29,2	29,2	0
Semilla	90	230	216	126
Primera fertilización	150	150	180	150
Segunda fertilización	60	120	120	75
Control de malezas	61,5	50	50	55
Control de plagas	36,7	23,4	20,7	57,4
Cosecha (desgrane)	88	112	108	96
Mano de obra contratada	168	300	300	156
Transporte	77	112	108	84
Total en efectivo	791,2	1216,6	1221,9	859,4
Mano de obra familiar	180	210	192	192

Maquinaria propia	31,6	48,7	48,9	34,4
Costo de oportunidad	39,6	60,8	61,1	43
Total no efectivo	251,2	319,5	302	269,3
Costo/ha Total sin terreno	1042,4	1536,1	1523,9	1128,7
Alquiler de terreno	180	200	200	180
Costo/ha Total con terreno	1222,4	1736,1	1723,9	1308,8
Costo/ha Total Promedio	1497,8			

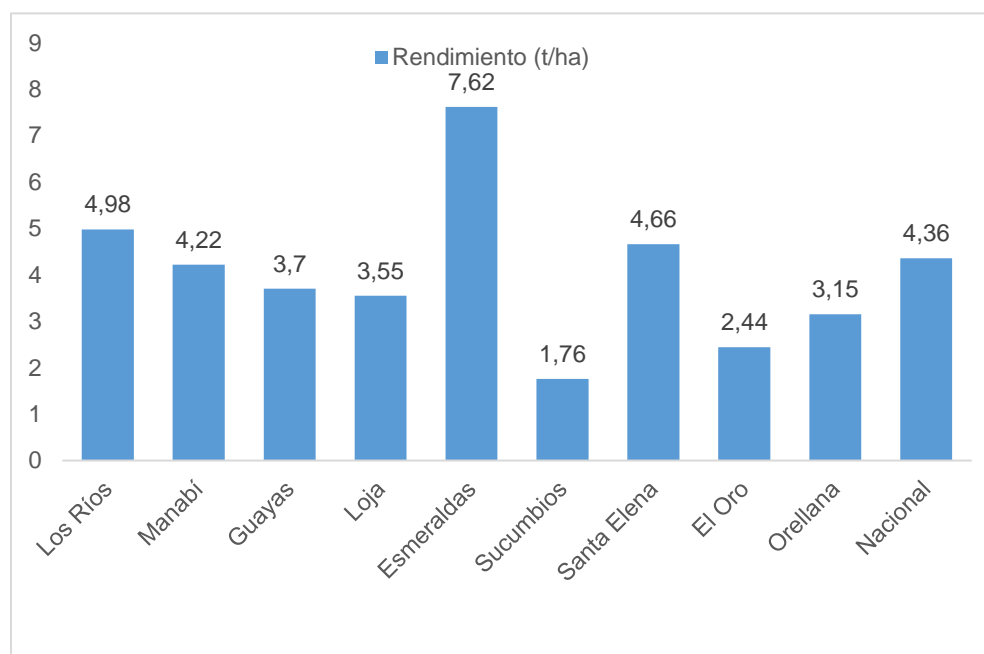
Nota. Fuente: (Zambrano et al., 2022).

1.1.2. Rendimiento

En el Ecuador las provincias de mayor área de producción según datos del SIPA son: Los Ríos, Manabí, Guayas, Loja, Esmeraldas, Sucumbios, Santa Elena, El Oro, y Orellana. Siendo las más importantes Los Ríos, Manabí, Guayas, Loja, y El Oro. La superficie de maíz duro cosechada a nivel nacional en el año 2024 fue de 273.835 Hectáreas colocando el rendimiento promedio nacional de 4,36 t/ha (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

Gráfico 1

Gráfico de rendimientos de maíz duro, Ecuador 2024



Nota. Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería SIPA 2024.

1.2. Cadena de valor y aspectos socioeconómicos

En el Ecuador, la cadena de valor del maíz amarillo duro involucra diversos actores, desde productores primarios hasta industriales que le dan valor agregado (García et al., 2023). Se estima que en el proceso productivo de éste cultivo participan 152.721 personas, el 69% personas productoras y/o familiares y el 31% por personas remuneradas. El 82% de los productores realizan cultivos menores a 5 hectáreas, el 11% entre 5 a 10, y el 7% mayor a 10 hectáreas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024). Esta estructura productiva compuesta por un gran número de pequeños productores independientes, presenta desafíos particulares en términos de acceso a tecnología, crédito y mercados.

Las políticas públicas implementadas en Ecuador durante los últimos diez años, incluyendo precios de sustentación, programas de suministro de semilla certificada y asistencia técnica, han contribuido al crecimiento del sector (García et al., 2023). Sin embargo, persisten muchos desafíos relacionados con la competitividad frente a las importaciones, particularmente de maíz procedente de Estados Unidos, Brazil, y Argentina, que han generado distorsiones en el mercado local (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

2. Mejoramiento genético y desarrollo de híbridos

2.1. Fundamentos del mejoramiento genético del maíz

El maíz es una especie alógama, de polinización cruzada con un alto grado de heterosis o vigor híbrido, característica que ha sido aprovechada extensivamente para el desarrollo de híbridos comerciales (Hallauer et al., 2010). La heterosis se manifiesta en la superioridad del híbrido F_1 sobre el promedio de sus progenitores, expresándose principalmente en mayor rendimiento, vigor vegetativo, precocidad y tolerancia a estreses (Shull, 1948; Sprague y Tatum, 1942).

El mejoramiento genético del maíz en regiones tropicales y subtropicales presenta desafíos particulares relacionados con la adaptación a condiciones de estrés biótico y abiótico (Prasana et al., 2021). Los programas de mejoramiento no solo deben enfocarse en el potencial de rendimiento, sino también en la estabilidad productiva bajo condiciones ambientales variables, resistencia a enfermedades prevalentes y calidad del grano (Caicedo et al., 2017).

2.2. Programa de mejoramiento del INIAP

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) mantiene un programa de mejoramiento genético de maíz desde hace más de cinco décadas, logrando múltiples

variedades e híbridos adaptados a las condiciones agroecológicas del Ecuador (Zambrano et al., 2020). El programa utiliza metodologías convencionales de mejoramiento, incluyendo formación y evaluación de líneas endogámicas, pruebas de aptitud combinatoria y evaluación de híbridos experimentales en múltiples ambientes (Loayza et al., 2021).

Entre los híbridos de maíz duro más destacados desarrollados por el INIAP se encuentran:

- INIAP-H551: Híbrido triple de ciclo intermedio (120-130 días), con potencial de rendimiento de 9-10 t ha⁻¹, resistencia moderada a *Puccinia polysora* y buena adaptación a la zona central del Litoral (Zambrano et al., 2019).
- INIAP-H601: Híbrido simple modificado de alto potencial productivo (10-12 t ha⁻¹), tolerante a sequía y con buena calidad de grano (Loayza et al., 2021).

El programa de mejoramiento del INIAP ha incorporado técnicas biotecnológicas complementarias, incluyendo cultivo de anteras para acelerar la obtención de líneas homocigotas, marcadores moleculares para selección asistida y evaluaciones de diversidad genética (Zambrano et al., 2023). La iniciativa de cultivo in vitro de anteras en cultivares como INIAP-101, INIAP-H601, AG-003 y Dekalb 5005 ha mostrado resultados promisorios en la aceleración del proceso de obtención de líneas puras (INIAP, 2020).

2.3. Híbridos comerciales

Paralelamente a los materiales generados por instituciones públicas, en el mercado ecuatoriano se comercializan numerosos híbridos desarrollados por empresas multinacionales, incluyendo Pioneer (DuPont), Syngenta, Dekalb (Bayer) y Advanta, Emblema (Interoc) entre otras (Caviedes, 2019). Estos materiales frecuentemente presentan alto potencial de rendimiento bajo condiciones óptimas de manejo, pero pueden mostrar menor estabilidad en ambientes con limitaciones de recursos o manejo agronómico subóptimo (Caviedes et al., 2022).

La diversidad de elecciones genéticas disponibles para los productores representa una ventaja, permitiendo la selección de materiales acordes a las condiciones específicas de cada zona y sistema productivo. Sin embargo, la elección apropiada del híbrido requiere considerar múltiples factores, incluyendo ciclo del cultivo, requerimientos hídricos y nutricionales, resistencia a plagas y enfermedades, y características de calidad del grano demandadas por la agroindustria (Sedhom et al., 2024).

3. Factores ambientales que afectan la producción

3.1. Factores Climáticos

3.1.1. Temperatura

El maíz es un cultivo de origen tropical adaptado a temperaturas cálidas, con un óptimo de crecimiento entre 25-30 °C (Shaw, 1977). Las temperaturas extremas, tanto bajas como altas, afectan negativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo. Temperaturas inferiores a 10 °C inhiben el crecimiento, mientras que temperaturas superiores a 35 °C durante la floración pueden causar deshidratación del polen y reducción en la fecundación, resultando en mazorcas con deficiente llenado de grano (Hatfield y Prueger, 2015).

En Ecuador, las zonas productoras de maíz duro en el Litoral presentan temperaturas medias anuales entre 24-27 °C, dentro del rango apropiado para el cultivo (Muñoz et al., 2018). No obstante, eventos extremos asociados al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) pueden generar anomalías térmicas que afectan el desarrollo del cultivo (Capa-Morocho et al., 2014).

3.1.2. Precipitación y disponibilidad hídrica

La disponibilidad de agua constituye uno de los principales factores para la producción de maíz (Boyer y Westgate, 2004). El maíz requiere entre 500-800 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo, siendo las etapas de floración y llenado de grano las más sensibles al déficit hídrico (Cakir, 2004; Edmeades et al., 2017).

En el país, la producción de maíz duro es predominantemente de secano, dependiendo de las precipitaciones estacionales asociadas a la época invernal (diciembre-mayo en la Costa) (Zambrano et al., 2020). La distribución irregular de las lluvias, con períodos de sequía intra-estacional (veranillos), representa uno de los principales factores limitantes del rendimiento (Villamar et al., 2018; Muñoz y Solórzano, 2021).

El estrés hídrico durante períodos críticos puede reducir el rendimiento en 20-50% o más, dependiendo de la severidad y duración del estrés (Cakir, 2004). La sequía afecta múltiples procesos fisiológicos, incluyendo expansión foliar, fotosíntesis, translocación de asimilados y llenado de grano (Tardieu, 2013). Estudios realizados en condiciones ecuatorianas han documentado reducciones significativas en rendimiento asociadas a déficit hídrico durante las etapas reproductivas (Villamar et al., 2018).

3.1.3. Radiación solar

La radiación solar es fundamental para la fotosíntesis y determinación del rendimiento en maíz (Kiniry et al., 1989). El maíz es una especie C4 con alta eficiencia en la captura y utilización de la radiación solar. Las zonas productoras del Litoral ecuatoriano presentan alta disponibilidad de radiación solar, especialmente durante la época seca, factor favorable para el cultivo (Muñoz et al., 2018).

Sin embargo, la presencia de nubosidad excesiva durante períodos prolongados, común durante eventos de La Niña, puede reducir la radiación disponible y afectar negativamente la productividad (Capa-Morocho et al., 2014). La interceptación de radiación está relacionada con el índice de área foliar y la arquitectura del canopeo, características que varían entre genotipos (Boomsma et al., 2009).

3.1.4. Cambio climático y variabilidad climática

El cambio climático representa una amenaza creciente para la producción agrícola, incluyendo el cultivo de maíz (Lobell et al., 2011). Las proyecciones indican incrementos en la temperatura media, cambios en los patrones de precipitación y mayor frecuencia de eventos climáticos extremos (IPCC, 2021). Para Ecuador, se prevén impactos significativos en la agricultura costera, incluyendo mayor variabilidad en la disponibilidad hídrica y riesgo incrementado de sequías e inundaciones (Capa-Morocho et al., 2014).

La variabilidad climática asociada al fenómeno ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) tiene particular relevancia para Ecuador. Durante eventos El Niño, se registran precipitaciones excesivas que pueden causar inundaciones, erosión y proliferación de enfermedades, mientras que eventos La Niña generan déficit hídrico severo (Capa-Morocho et al., 2014; Muñoz y Solórzano, 2021). Esta variabilidad interanual demanda estrategias de adaptación, incluyendo desarrollo de genotipos con tolerancia a estreses múltiples y sistemas de manejo flexible.

3.2. Factores edáficos

3.2.1. Características físicas del suelo

El maíz se adapta a una amplia gama de tipos de suelo, aunque prefiere suelos profundos, bien drenados, de textura franco-arcillosa a franco-limosa (Ritchie y Hanway, 1982). Las características físicas del suelo, incluyendo estructura, porosidad, densidad aparente y capacidad de retención de agua, influyen significativamente en el desarrollo radicular y la disponibilidad de agua y nutrientes (Lipiec et al., 2012).

Los suelos de las zonas maiceras del Litoral ecuatoriano presentan considerable heterogeneidad. En las provincias de Los Ríos y Guayas predominan suelos de origen aluvial, generalmente fértiles pero con problemas de drenaje en zonas bajas (Mihai et al., 2023). En Manabí, los suelos son frecuentemente de textura más ligera, con limitaciones de retención hídrica (Muñoz et al., 2018). La compactación del suelo, resultante del uso de maquinaria pesada y laboreo inadecuado, constituye un problema creciente que limita el desarrollo radicular y la productividad (Alakukku et al., 2003).

3.2.2. Fertilidad química del suelo

La fertilidad química del suelo es determinante para alcanzar altos rendimientos en maíz. El cultivo tiene altos requerimientos nutricionales, extrayendo aproximadamente 200-250 kg N, 80-100 kg P₂O₅ y 200-250 kg K₂O por hectárea para producir 10 t ha⁻¹ de grano (Ciampitti y Vyn, 2012).

Muchos suelos de las zonas maiceras del Ecuador presentan deficiencias de nutrientes, particularmente nitrógeno, fósforo y azufre. El nitrógeno es frecuentemente el nutriente más limitante, siendo necesaria su aplicación en dosis de 150-200 kg N ha⁻¹ para alcanzar rendimientos cercanos al potencial genético (Zambrano et al., 2020). El fraccionamiento de la aplicación nitrogenada, sincronizando la disponibilidad con las etapas de alta demanda del cultivo, mejora la eficiencia de uso y reduce pérdidas por lixiviación o volatilización (Chen et al., 2011).

El fósforo presenta problemas de disponibilidad en suelos ácidos y alcalinos por fenómenos de fijación (Syers et al., 2008). La aplicación de fósforo al momento de la siembra es crítica para promover el desarrollo radicular inicial. El potasio, aunque frecuentemente presente en niveles adecuados en suelos ecuatorianos, puede requerir suplementación en sistemas de alta productividad o suelos arenosos (Ciampitti y Vyn, 2012).

Los elementos secundarios y micronutrientes también pueden limitar el rendimiento. El azufre es frecuentemente deficiente, particularmente en suelos arenosos y sistemas que utilizan fertilizantes concentrados sin azufre. Deficiencias de zinc, boro y magnesio también han sido reportadas en algunas zonas productoras ecuatorianas (Jamal et al., 2010).

3.2.3. pH y acidez del suelo

El maíz se desarrolla mejor en suelos con pH entre 5,8 – 7,0, aunque tolera un rango más amplio (5,0-8,0) (Ritchie y Hanway, 1982). Los problemas de acidez, presentes en algunas zonas del Litoral ecuatoriano, pueden generar toxicidad por aluminio y manganeso, además de reducir

la disponibilidad de nutrientes esenciales (Foy, 1984). El encalado de suelos ácidos es una práctica recomendada pero subutilizada en Ecuador (Calva y Espinosa, 2017).

4. Manejo agronómico del cultivo

4.1. Preparación del suelo y siembra

Una preparación adecuada del suelo es fundamental para establecer condiciones favorables para la germinación, emergencia y desarrollo inicial del cultivo (Lal, 1993). Las prácticas convencionales incluyen arado, rastreado y surcado, aunque existe creciente interés en sistemas de labranza reducida o cero que favorecen la conservación del suelo (Busari et al., 2015).

La época de siembra es crítica, debiendo coincidir con el inicio del período de lluvias para asegurar humedad adecuada durante las primeras etapas (Zambrano et al., 2020). En la costa ecuatoriana, el período óptimo de siembra es diciembre-enero para el ciclo principal. La densidad de siembra afecta la eficiencia en el uso de recursos y el rendimiento, siendo recomendadas poblaciones de 60.000-75.000 plantas ha⁻¹ para híbridos de porte intermedio y de alto rendimiento (Sangoi, 2001).

4.2. Manejo de malezas

Las malezas compiten con el cultivo por luz, agua y nutrientes, pudiendo causar pérdidas de rendimiento del 30-50% o más si no se controlan adecuadamente (Oerke, 2006). El período crítico de interferencia de malezas en maíz abarca aproximadamente desde emergencia hasta 45 días después de la siembra (Hall et al., 1992).

El control de malezas en Ecuador se realiza predominantemente con herbicidas pre y post-emergentes, complementado ocasionalmente con control mecánico (Zambrano et al., 2020). Los herbicidas más utilizados incluyen atrazina, glifosato (en sistemas con maíz resistente), 2,4-D y nicosulfuron, entre otros. El manejo integrado de malezas, incorporando prácticas culturales, mecánicas y químicas, representa la estrategia más sustentable a largo plazo.

4.3. Manejo de plagas

El cultivo de maíz en Ecuador es afectado por diversas plagas, insectos que su daño pueden causar pérdidas significativas de rendimiento. Las principales plagas incluyen:

- Cogollero (*Spodoptera frugiperda*): Considerada la plaga más importante del maíz en América Latina, las larvas se alimentan del follaje, especialmente en el cogollo, pudiendo causar pérdidas del 15-50% (Hruska y Gould, 1997; Zambrano et al., 2020).

- Gusano elotero (*Helicoverpa zea*): Ataca mazorcas en desarrollo, causando daño directo al grano y facilitando la entrada de patógenos (EFSA Panel on Plant Health, 2020).
- Barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.): Las larvas perforan el tallo, debilitando la planta y facilitando el volcamiento (Bohnenblust et al., 2016).
- Gusano alambre (*Agriotes* spp., *Melanotus* spp.): Larvas que atacan semillas y raíces en germinación, causando pérdidas en el establecimiento del cultivo (Parker y Howard, 2001).

El manejo de plagas en Ecuador se basa predominantemente en control químico con insecticidas, aunque existe creciente interés en estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) (Zambrano et al., 2020). El desarrollo de híbridos con resistencia genética a plagas, incluyendo maíz Bt que expresa toxinas de *Bacillus thuringiensis*, representa una herramienta importante, aunque su adopción en Ecuador ha sido limitada por restricciones regulatorias (Caviedes, 2019).

4.4. Manejo de enfermedades

Las enfermedades constituyen otro factor limitante importante para la producción de maíz en Ecuador. Las principales enfermedades incluyen:

- Roya (*Puccinia polysora*): Enfermedad foliar que puede causar pérdidas del 30-50% en genotipos susceptibles bajo condiciones favorables de humedad y temperatura (Brewbaker et al., 2011).
- Mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*): Complejo de hongos que causa manchas foliares, reduciendo el área fotosintética (Hock et al., 1992).
- Pudriciones de mazorca: Causadas por diversos hongos incluyendo *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. y *Diplodia* spp., que reducen el rendimiento y calidad del grano (Munkvold, 2003).
- Achaparramiento (*Spiroplasma kunkelii*): Enfermedad transmitida por el insecto vector *Dalbulus maidis*, que causa enanismo, clorosis y esterilidad (Whitcomb et al., 1986).

El desarrollo de híbridos con resistencia genética a enfermedades prevalentes es una prioridad en los programas de mejoramiento (Zambrano et al., 2020). El manejo integrado incluye también prácticas culturales como rotación de cultivos, eliminación de residuos infectados y aplicación de fungicidas cuando sea económicamente justificable (Munkvold, 2003).

5. Aspectos socioeconómicos y adopción de tecnología

5.1. Estructura productiva

La producción de maíz duro en Ecuador se caracteriza por una estructura heterogénea que incluye desde pequeños productores con menos de 5 hectáreas hasta grandes productores y empresas agrícolas con cientos de hectáreas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024). Aproximadamente el 70% de los productores son pequeños y medianos agricultores, quienes enfrentan mayores limitaciones en acceso a tecnología, crédito, asistencia técnica y mercados formales (García et al., 2023).

Las diferencias en escala productiva se traducen en brechas significativas de productividad. Mientras que grandes productores tecnificados pueden alcanzar rendimientos de 8-10 t ha⁻¹, pequeños productores frecuentemente obtienen 3-4 t ha⁻¹, reflejando diferencias en adopción tecnológica y capacidad de inversión (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

5.2. Factores que limitan la adopción tecnológica

La adopción de tecnologías mejoradas, incluyendo híbridos de alto rendimiento, fertilización apropiada y manejo integrado de plagas, es limitada entre pequeños productores debido a múltiples factores (Sánchez y Fernández, 2020):

- Restricciones económicas: El costo de semilla de híbridos, fertilizantes y agroquímicos representa una inversión significativa que muchos pequeños productores no pueden financiar.
- Acceso limitado al crédito: Los sistemas financieros formales frecuentemente excluyen a pequeños agricultores por falta de garantías (García et al., 2023).
- Deficiencias en asistencia técnica: La cobertura de servicios de extensión agrícola es insuficiente, limitando la capacitación de productores en nuevas tecnologías.
- Riesgo: La percepción de riesgo asociado a nuevas tecnologías, especialmente en contextos de alta variabilidad climática, inhibe la innovación (Sánchez y Fernández, 2020).
- Limitaciones de información: Muchos productores no tienen acceso a información actualizada sobre disponibilidad y características de nuevos híbridos y prácticas de manejo.

5.3. Políticas públicas de apoyo al sector

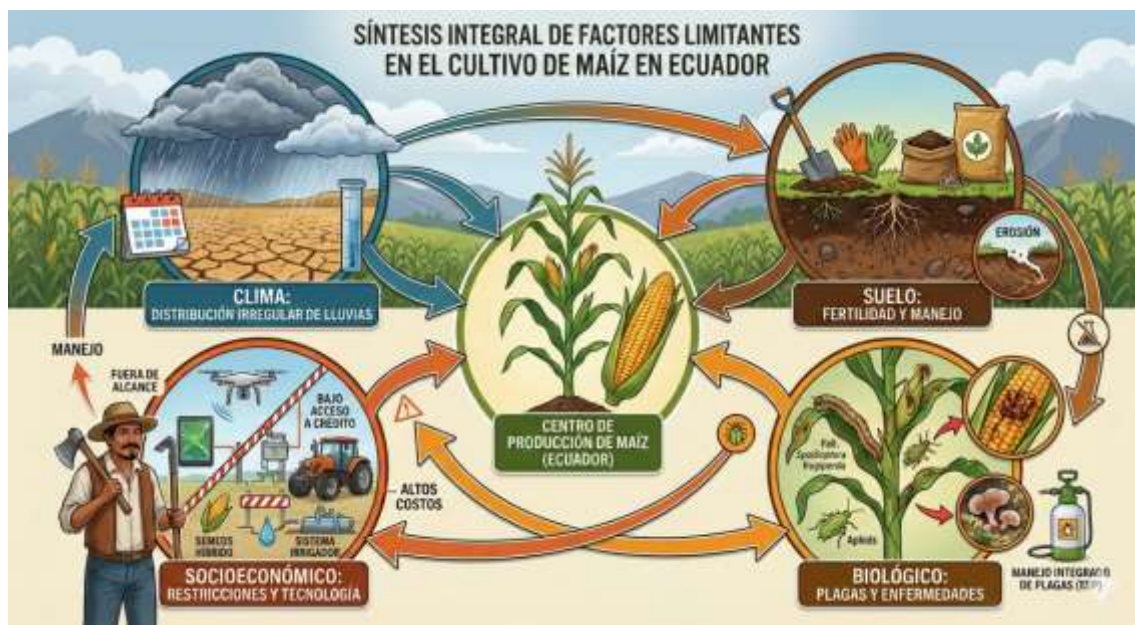
Las políticas públicas han jugado un papel importante en el desarrollo del sector maicero ecuatoriano. El establecimiento de precios mínimos de sustentación proporcionó estabilidad de

ingresos que incentivó la inversión tecnológica (Caviedes, 2019). Sin embargo, cambios en estas políticas han generado incertidumbre entre productores.

Programas gubernamentales de distribución de semilla certificada, fertilizantes subsidiados y seguros agrícolas han buscado mejorar el acceso a tecnología y reducir riesgos productivos (García et al., 2023). No obstante, la efectividad de estos programas ha sido variable, y existen oportunidades de mejora en diseño, implementación y focalización.

Figura 1

Análisis visual de los factores limitantes en la producción de maíz duro.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La producción de híbridos de maíz duro en Ecuador está determinada por la interacción compleja de múltiples factores genéticos, ambientales, agronómicos y socioeconómicos. Los principales hallazgos de esta revisión incluyen:

Brecha de rendimiento significativa: Existe una diferencia sustancial entre el potencial genético de los híbridos disponibles ($10-12 \text{ t ha}^{-1}$) y el rendimiento promedio nacional ($4,64 - 5,93 \text{ t ha}^{-1}$), indicando oportunidades importantes para mejora.

Importancia del mejoramiento genético: El desarrollo de híbridos adaptados a condiciones locales por instituciones como el INIAP ha sido fundamental para incrementar la productividad.

La continuidad y fortalecimiento de estos programas es crítica, ya que con la investigación se puede obtener materiales híbridos mejorados a partir de cruces entre materiales importados y materiales nacionales.

Factores climáticos limitantes: La variabilidad en la distribución de precipitaciones, exacerbada por fenómenos ENOS y cambio climático, constituye el principal factor ambiental limitante. El desarrollo de genotipos tolerantes a sequía es prioritario. Una recomendación muy importante para el ciclo de invierno es realizar la siembra con las primeras lluvias, asegurando un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas.

Manejo nutricional: Las deficiencias en fertilidad del suelo y manejo inadecuado de la nutrición limitan significativamente el rendimiento. La implementación de programas de fertilización basados en análisis de suelo y requerimientos del cultivo es esencial para alcanzar mayor producción.

Presión de plagas y enfermedades: El cogollero, roya y otras plagas y enfermedades causan pérdidas importantes. El desarrollo de híbridos resistentes y la implementación de manejo integrado son estrategias clave que deben estar al alcance de los productores.

Heterogeneidad socioeconómica: Las diferencias en escala productiva y acceso a recursos generan brechas de productividad entre grandes y pequeños productores. Articular políticas públicas para mejorar la competitividad y resiliencia de los híbridos de maíz duro en el contexto ecuatoriano.

Adopción tecnológica: Las limitaciones en adopción de tecnologías mejoradas por pequeños productores requieren atención integral, incluyendo mejoras en acceso a crédito, asistencia técnica e información.

Esta revisión aporta un enfoque integrador y contextualizado sobre los factores que inciden en la producción de híbridos de maíz duro (*Zea mays L.*) en Ecuador, superando el conocimiento previo, que tradicionalmente ha analizado estos factores de manera aislada. A partir de la literatura científica y técnica se evidencia que el rendimiento y la estabilidad productiva de los híbridos no dependen únicamente del potencial genético, sino de la interacción compleja entre genética, ambiente, manejo agronómico y contexto socioeconómico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W. C. T., Tijink, F. G. J., van der Linden, J. P., Pires, S., Sommer, C., y Spoor, G. (2003). Prevention strategies for field traffic-induced subsoil

- compaction: A review. Part 1. Machine/soil interactions. *Soil and Tillage Research*, 73(1-2), 145-160. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00107-7](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00107-7)
- Alptekin, H., Ozkan, A., Gurbuz, R., y Kulak, M. (2023). Management of weeds in maize by sequential or individual applications of pre- and post-emergence herbicides. *Agriculture*, 13(2), 421. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020421>
- Bänziger, M., Edmeades, G. O., Beck, D., y Bellon, M. (2006). *Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice*. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1335>
- Benton, T. G., Vickery, J. A., y Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology y Evolution*, 18(4), 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9)
- Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
- Bohnenblust, E. W., Vaudo, A. D., Egan, J. F., Mortensen, D. A., y Tooker, J. F. (2016). Effects of the herbicide dicamba on nontarget plants and pollinator visitation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(1), 144-151. <https://doi.org/10.1002/etc.3169>
- Boomsma, C. R., Santini, J. B., Tollenaar, M., y Vyn, T. J. (2009). Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. *Agronomy Journal*, 101(6), 1426-1452. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0082>
- Boyer, J. S., y Westgate, M. E. (2004). Grain yields with limited water. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2385-2394. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh219>
- Brewbaker, J. L., Kim, S. K., So, Y. S., Logroño, M., Moon, H. G., Ming, R., Lu, X., y Josue, A. D. (2011). General resistance in maize to southern rust (*Puccinia polysora* Underw.). *Crop Science*, 51(4), 1393-1409. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.06.0327>
- Busari, M. A., Kukal, S. S., Kaur, A., Bhatt, R., y Dulazi, A. A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Caicedo, M., Villavicencio, P., y Saltos, E. (2017). Aptitud combinatoria general y específica de líneas puras de maíz amarillo duro y selección de híbridos simples. *Revista Científica Ecuador es Calidad*, 4(2).
-

<https://revistaecuadorestabilidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestabilidad/index.php/revista/article/view/29/290>

- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- Calva, C., y Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110–120. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502017000100110
- Capa-Morocho, M., Rodríguez-Fonseca, B., y Ruiz-Ramos, M. (2014). Sea surface temperature impacts on winter cropping systems in the Iberian Peninsula. *Agricultural and Forest Meteorology*, 226-227, 213-228. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.06.007>
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., y Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)
- Caviedes, G. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 11(1), 116-123. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
- Caviedes, M., Carvajal, F., y Zambrano, J. (2022). Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Chirinos, D., Sánchez, F., Zambrano, F., Castro, J., Vásconez, G., Cedeño, G., Pin, K., Zambrano, J., Suárez, V., Proaño, V., Mera, J., y Vásquez, C. (2024). Entomofauna associated with corn cultivation and damage caused by some pests according to the planting season on the Ecuadorian coast. *Agronomy*, 14(4), 748. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040748>
- Chen, X., Cui, Z., Fan, M., Vitousek, P., Zhao, M., Ma, W., Wang, Z., Zhang, W., Yan, X., Yang, J., Deng, X., Gao, Q., Zhang, Q., Guo, S., Ren, J., Li, S., Ye, Y., Wang, Z., Huang, J., ... Zhang, F. (2011). Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*, 514(7523), 486-489. <https://doi.org/10.1038/nature13609>

- Ciampitti, I. A., y Vyn, T. J. (2012). Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research*, 133, 48-67. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.008>
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Plant Health (PLH), Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M.-A., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Thulke, H.-H., Van der Werf, W., Vicent Civera, A., Yuen, J., Zappalà, L., Czwinczek, E., Streissl, F., y MacLeod, A. (2020). Pest categorisation of *Helicoverpa zea*. *EFSA Journal*, 18(7), e06177. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6177>
- Edmeades, G. O., Bänziger, M., Mickelson, H. R., y Peña-Valdivia, C. B. (Eds.). (1997). *Developing drought-and low N-tolerant maize*. CIMMYT. <http://hdl.handle.net/10883/747>
- Fernández, M. G. S., Bao, Y., Tang, L., y Schnable, P. S. (2019). A high-throughput, field-based phenotyping technology for tall biomass crops. *Plant Physiology*, 174(4), 2008-2022. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00707>
- Food and Agriculture Organization. (2021). *FAOSTAT statistical database*. <http://www.fao.org/faostat/>
- Foy, C. D. (1984). Physiological Effects of Hydrogen, Aluminum, and Manganese Toxicities in Acid Soil. En *Agronomy monograph/Agronomy* (pp. 57-97). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr12.2ed.c2>
- Hall, M. R., Swanton, C. J., y Anderson, G. W. (1992). The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 40(3), 441-447. <https://doi.org/10.1017/S0043174500051882>
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., y Miranda Filho, J. B. (2010). Quantitative genetics in maize breeding (Vol. 6). *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0766-0>
- Hardke, J. T., Temple, J. H., Leonard, B. R., & Jackson, R. E. (2011). Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 94(2), 272–278. <https://doi.org/10.1653/024.094.0221>
- Hatfield, J. L., y Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>

- Hock, J., Kranz, J., y Renfro, B. L. (1992). Tests of standard diagrams for field use in assessing the tar spot disease complex of maize (*Zea mays*). *Tropical Pest Management*, 38(3), 314–318. <https://doi.org/10.1080/09670879209371716>
- Hruska, A. J., y Gould, F. (1997). Fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) and *Diatraea lineolata* (*Lepidoptera: Pyralidae*): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*, 90(2), 611-622. <https://doi.org/10.1093/jee/90.2.611>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Jamal, A., Moon, Y. S., y Abdin, M. Z. (2010). Sulphur - A general overview and interaction with nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7), 523-529. http://www.cropj.com/jamal_4_7_2010_523_529.pdf
- Kiniry, J. R., Jones, C. A., O'toole, J. C., Blanchet, R., Cabelguenne, M., y Spanel, D. A. (1989). Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. *Field Crops Research*, 20(1), 51-64. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(89\)90023-3](https://doi.org/10.1016/0378-4290(89)90023-3)
- Lal, R. (1993). Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil and Tillage Research*, 27(1-4), 1-8. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(93\)90059-X](https://doi.org/10.1016/0167-1987(93)90059-X)
- Limongi Andrade, R. ., Sanchez-Mora, F. D., Mora Yela, R. V., Pico Mendoza, J. ., Navarrete Cedeño, B. ., Alarcón Cobeña, D. ., Peña Monserrate, G. ., Ochoa Ramos, J. ., Perez-Almeida, I. ., y Garcés-Fiallos, F. R. . (2024). Comportamiento agronómico, adaptabilidad y estabilidad de híbridos de maíz bajo condiciones tropicales en Ecuador . *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 25(3). https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3501
- Lipiec, J., Horn, R., Pietrusiewicz, J., y Siczek, A. (2012). Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species. *Soil and Tillage Research*, 121, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.01.013>
- Loayza, V., Zambrano, J., y Vera, T. (2021). Evaluación del híbrido de maíz INIAP-H601 en zonas productoras del Litoral ecuatoriano. *Revista Técnica INIAP*, 45, 23-35. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5678>

- Lobell, D. B., Schlenker, W., y Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Mihai, R., Melo, E., Terán, V., Espinoza, I., Pinto, E., y Catana, R. (2023). The panoramic view of Ecuadorian soil nutrients (deficit/toxicity) from different climatic regions and their possible influence on the metabolism of important crops. *Toxics*, 11(2), 123. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/2/123>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Boletín Situacional: Maíz Amarillo Duro 2024*. Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-maiz-duro-2021>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Cifras Agroproductivas*. Sistema de Información Pública y Agropecuaria (SIPA). <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Motato, N., Pincay, J., Avellán, M., Falcones, M., y Aveiga, E. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. Estación Experimental Portoviejo, *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/items/e5427f92-1180-40cf-9208-83f618a63d51>
- Munkvold, G. P. (2003). Epidemiology of Fusarium diseases and their mycotoxins in maize ears. *European Journal of Plant Pathology*, 109(7), 705-713. <https://doi.org/10.1023/A:1026078324268>
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Parker, W. E., y Howard, J. J. (2001). The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the UK. *Agricultural and Forest Entomology*, 3(2), 85-98. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2001.00094.x>
- Prasanna, B., Cairns, J., Zaidi, P., Beyene, Y., Makumbi, D., Gowda, M., Magorokosho, C., Zaman-Allah, M., Olsen, M., Das, A., Worku, M., Gethi, J., Vivek, B. S., Nair, S. K., Rashid, Z., Vinayan, M., Issa, A., San Vicente, F., Dhliwayo, T., y Zhang, X. (2021). Beat the stress: Breeding for climate resilience in maize for the tropical rainfed environments.

- Theoretical and Applied Genetics*, 134(6), 1729–1752. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03773-7>
- Ritchie, S. W., y Hanway, J. J. (1993). *How a corn plant develops* (Special Report No. 48). Iowa State University of Science and Technology. https://www-archiv.fdm.uni-hamburg.de/online/library/maize/www.ag.iastate.edu/departments/agronomy/corngrows.html?utm_source=chatgpt.com#how
- Sanchez, V. y Fernández, J. (2020). El efecto de los paquetes tecnológicos en la productividad del maíz en Ecuador. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 51(203). <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2020.203.69527>
- Sangoi, L. (2001). Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural*, 31(1), 159-168. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027>
- Sedhom, Y. S. A., Rabie, H. A., Awaad, H. A., Alomran, M. M., ALshamrani, S. M., Mansour, E., y Ali, M. M. A. (2024). Genetic potential of newly developed maize hybrids under different water-availability conditions in an arid environment. *Life*, 14(4), 453. <https://doi.org/10.3390/life14040453>
- Shaw, R. H. (1977). Water use and requirements of maize: A review. *In Agrometeorology of the maize (corn) crop* (pp. 119-134). World Meteorological Organization.
- Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J., y Bänziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3(3), 307-327. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>
- Shull, G. H. (1948). What is "heterosis"? *Genetics*, 33(5), 439-446. <https://doi.org/10.1093/genetics/33.5.439>
- Sprague, G. F., y Tatum, L. A. (1942). General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Agronomy Journal*, 34(10), 923-932. <https://doi.org/10.2134/agronj1942.00021962003400100008x>
- Syers, J. K., Johnston, A. E., y Curtin, D. (2008). *Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin*, 16. Food and Agriculture Organization. https://www.fao.org/4/a1595e/a1595e00.pdf?utm_source
- Tarazona-Meza, N. L., Chavarría-Párraga, J. E., y Moreira-Saltos, J. R. (2022). El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista De Ciencias Agropecuarias*

ALLPA. ISSN: 2600-5883., 5(9), 1–11.
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/349>

Tardieu, F. (2013). Plant response to environmental conditions: Assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. *Frontiers in Physiology*, 4, 17.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00017>

Virgen, J., Zepeda, R., Ávila, A., Espinosa, A., Arellano, J. L., Taboada, O. R., y Gómez, N. (2016). Comportamiento agronómico y calidad de semilla del híbrido de maíz H-70 en cuatro ambientes de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 849-856.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.235>

Whitcomb, R. F., Chen, T. A., Williamson, D. L., Liao, C., Tully, J. G., Bové, J. M., Mouchès, C., Rose, D. L., Coan, M. E., y Clark, T. B. (1986). *Spiroplasma kunkelii* sp. nov.: Characterization of the etiological agent of corn stunt disease. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 36(2), 170-178. <https://doi.org/10.1099/00207713-36-2-170>

Yan, W., y Kang, M. S. (2003). *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040371>

Zambrano, J., y Caviedes, M. (2022). *Estado actual de la producción de maíz en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886>

Zambrano, E., Limongi, R., Alarcón, F., Villavicencio, J., Caicedo, M., Eguez, J., y Zambrano, J. (2017). Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y Los Ríos, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*, 8(1), 7–14.
https://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/124

Zambrano, C., Andrade, M., y Carreño, W. (2022). Costos de producción durante la pandemia y su incidencia en la productividad del cultivo de maíz duro. *Centrosur Agraria*.
<https://www.centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/185/393>

Agradecimientos

Los autores extienden sus agradecimientos a los productores maiceros, técnicos agrícolas de campo, e instituciones que facilitaron datos muy importantes para el análisis de los factores que inciden en la producción de híbridos de maíz duro (*Zea maiz L.*) en el Ecuador.

Financiamiento

La realización del presente artículo no recibió financiamiento institucional, gubernamental, ni privado. Los recursos utilizados para el desarrollo del estudio fueron cubiertos por los autores.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses de carácter financiero, institucional o personal que puedan haber influido en el desarrollo, análisis o publicación de los resultados de esta investigación.

Contribución de los autores

LAMS: conceptualización y diseño del estudio, análisis de la información, interpretación de resultados y redacción del manuscrito.

FAGM y MSBA: recopilación y validación de datos, revisión crítica de la literatura científica, apoyo en el análisis de resultados y revisión final del manuscrito.

Declaraciones éticas

La investigación se desarrolló conforme a los principios éticos de la investigación científica y a las buenas prácticas agrícolas. El estudio no involucró experimentación con seres humanos ni animales, por lo que no requirió la aprobación de un comité de ética. La información fue obtenida con consentimiento de los productores participantes y utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos.