

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE PROGENIE DE LA HIBRIDACIÓN ENTRE EL HÍBRIDO NIDERA Y EL CRIOLLO FUEGO EN LA ZONA SECA DE JIPIJAPA

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PROGENY FROM THE HYBRIDIZATION BETWEEN THE NIDERA HYBRID AND CRIOLLO FUEGO IN THE DRY ZONE OF JIPIJAPA

Agustín Hugo Álvarez Plúa^{1*}

¹ Docente investigador, Universidad Estatal del Sur de Manabí, (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0176-1314>. Correo: agustin.alvarezs@unesum.edu.ec

Kerly Susana Catagua Arévalo²

² Estudiantes de la Carrera Agropecuaria. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6212-3143>.

Tomas Fuentes Figueroa³

³ Docente investigador, Universidad Estatal del Sur de Manabí, (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-22043>. Correo: tomas.fuentes@unesum.edu.ec

Narciso Fernando Ayón Villao⁴

⁴ Docente investigador, Universidad Estatal del sur de Manabí, (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4772-9344>. Correo: fernando.ayon@nesum.edu.ec

*** Autor para correspondencia:** agustin.alvarezs@unesum.edu.ec

Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar las características físicas y químicas del cruzamiento genético entre el maíz híbrido Nidera y el criollo fuego en las localidades de Sancán, Membrillal y San Francisco. La metodología empleada fue de enfoque experimental desarrollada bajo un diseño completamente al azar. Se realizaron análisis bromatológicos para determinar los porcentajes de humedad, ceniza, materia seca, grasas, proteínas y carbohidratos mediante métodos estandarizados como Soxhlet, gravimetría y Kjeldahl. También se evaluaron variables físicas del grano de la mazorca, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis

estadístico mediante pruebas de normalidad, ANOVA y comparación de medias con la prueba de Tukey. La caracterización física de la primera progenie del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego evidenció estabilidad en la mayoría de las variables evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). No obstante, el número de hileras mostró diferencias significativas ($p = 0,0284$), lo que indica que la localidad de San Francisco con (16,78) se destaca por producir mazorcas con mayor número de hileras. El análisis químico del grano evidenció diferencias altamente significativas entre localidades en todas las variables evaluadas ($p < 0,05$) demostrando una influencia directa del ambiente sobre la composición bromatológica

Palabras clave: Maíz; características físicas; características químicas; cruzamiento genético; maíz criollo; mejoramiento genético

Abstract

The objective of this research was to determine the physical and chemical characteristics resulting from the genetic cross between the Nidera hybrid maize and the "Fuego" landrace variety in the localities of Sancán, Membrillal, and San Francisco. An experimental approach was employed using a completely randomized design. Proximate analyses were conducted to determine percentages of moisture, ash, dry matter, fat, protein, and carbohydrates using standardized methods such as Soxhlet, gravimetry, and Kjeldahl. Physical variables of the grain and ear were also evaluated; the data obtained were subjected to statistical analysis using normality tests, ANOVA, and mean comparison via the Tukey test. Physical characterization of the first progeny from the cross between the Nidera hybrid and the "Fuego" landrace showed stability in most evaluated variables, with no statistically significant differences observed ($p > 0.05$). However, the number of kernel rows showed significant differences ($p = 0.0284$), indicating that the San Francisco locality (with an average of 16.78 rows) stood out for producing ears with a higher number of rows. Chemical analysis of the grain revealed highly significant differences among localities across all evaluated variables ($p < 0.05$), demonstrating a direct environmental influence on the proximate composition.

Keywords: Maize; physical characteristics; chemical characteristics; genetic cross; landrace maize; genetic improvement.

Fecha de recibido: 24/06/2026

Fecha de aceptado: 09/09/2026

Fecha de publicado: 11/09/2026

Introducción

El maíz es una planta de características monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el planeta tierra, siendo uno de los alimentos incluido en la dieta diaria de muchos países, pertenece a la familia de las Poaceae, de la tribu Maydeas, las especies de *Tripsacum* son especies de origen salvajes, sin valor económico directo

como en otras especies, la planta de maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte ya que puede llegar hasta los 80cm de altura, frondosa y con un sistema radicular con característica fibroso y caulinar con pocos macollos, las mazorcas emergen como espigas de forma cilíndricas (Sanchez, 2014).

El maíz, por su producción y consumo es el grano que ocupa el primer lugar en el mundo, de 1995 a 2003 Estados Unidos de América fue el principal productor de este grano con 235 millones de toneladas lo que significa casi el 50% de producción mundial, China se ubicó en segundo lugar con 118 millones de toneladas lo que significa un 21% de la producción mundial, a nivel de América del Sur se encuentra Brasil el cual genero 32.1 millones de toneladas de maíz lo que la ubica como la principal productora de la región, mientras que los países que no superan el 3% de producción mundial fueron los países de Francia, Argentina, India, Italia, Indonesia y Rumania (Cruz, 2017).

Para Guacho (2014) el maíz es un grano muy antiguo y se considera uno de los principales granos sembrados y cultivados en América del Sur, México actualmente cuenta con 200 especies reconocidas de maíz, mientras que en un nivel más local en Ecuador se registran tan solo 29 variedades, de las cuales 19 corresponden a la parte sierra del país, mientras que las restantes corresponden a la zona tropical del país, Ecuador a su vez se sitúa con el tercer países en cuanto a diversidad de cultivos, el maíz es tan versátil que se cultiva en diferentes pisos altitudinales y ambientes climáticos variados, por ellos podemos encontrar en la región sierra del pues que corresponde hasta los 3000 metros de altura sobre el nivel del mar.

En México, los investigadores García et al., (2020) realizaron un estudio titulado “Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México” cuyo objetivo principal fue evaluar las características físicas y químicas de dos variedades de maíz criollo azul y rojo, con la finalidad de determinar sus diferencias y potencial de aprovechamiento. Por otra parte, la metodología utilizada tuvo un enfoque experimental y comparativa donde se recolectaron muestras de maíz rojo y azul cultivadas en la comunidad de Santa María durante la cosecha 2018-2019, para la caracterización física se midió el tamaño de 20 granos al azar a través de un vernier de precisión, el peso específico en kg/ha usado una micro balanza, y el color con un colorímetro 400/410. Para el análisis químico, se incluyó la determinación de humedad por secado a 130 °C y por incineración a 525°C, extracto etéreo y proteína, todos estos análisis se realizaron por triplicado y se aplicó la prueba estadística de Tukey para identificar diferencias significativas entre las variedades.

Como resultados, se obtuvo que el maíz rojo presentó una menor humedad del 12.97%, mayor proteína con el 10.67% y mayor contenido de extracto etéreo con un 6.13% en comparación con el maíz azul, que registró 13.94%, 8.81% y 5.16% respectivamente. De la misma manera, el maíz rojo mostro mayor tamaño de grano y peso específico lo que sugiere un mayor rendimiento para la obtención de harina. Como conclusión, se presenta que el maíz criollo rojo posee mejores características físico-químicas que el azul, lo que lo convierte en una alternativa más adecuada para la producción de harina y productos alimenticios enriquecidos.

El desarrollo de una nueva variedad de maíz de calidad con la proteína mucho más elevada o mejorada, esto dado por medio de los cruzamientos generando un nuevo genotipo de maíz, tanto las líneas de carácter molecular como los híbridos deben ser sometidos una evaluación rigurosa para poder conocer sus propiedades tanto físicas, químicas y contenido de aminoácidos esenciales, particularmente el de la lisina, así como el

balance correcto de los aminoácidos, ya que es una de las características principales para cumplir con el desarrollo de los nuevos híbridos que puedan ser utilizados ventajosamente (Gutierrez, 2010).

De acuerdo con los autores Fuentes et al., (2022) en su artículo titulado “Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la Comuna Sancán, Ecuador” cuyo objetivo principal fue caracterizar morfológica y botánicamente el maíz criollo de la comuna Sancán durante los meses de enero hasta abril. El estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental utilizando un diseño completamente al azar, se aplicaron descriptores del IBPGR para la evaluación de las características morfológicas. Se realizaron encuestas estructuras a 67 productores locales, con el fin de conocer el manejo productivo, las prácticas de selección de semillas y los usos alimenticios del maíz criollo.

El análisis morfológico reveló que las mazorcas presentan un promedio de 14,68 cm de longitud, 120 gr de peso y 4,5 cm de diámetro, el valor promedio de cada mazorca fue de 14 hileras con 26 granos cada una, y los granos poseen 1,01 mm de largo y 0,72 mm de ancho. Las variables cuantitativas no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las distintas variedades como el maíz morado, amarillo fuego, amarillo arrugado y amarillo claro, lo que indica una similitud en su comportamiento fenotípico. Lo anterior, guarda relación con el presente estudio debido a que se describen las características físicas de maíces criollos en Ecuador lo cual es útil para definir las variables físicas a medir en el estudio y poder justificar los criterios de selección de variables.

De la misma manera, Fuentes et al., (2022) en la provincia de Manabí a nivel local en la comunidad de Sancán se evidencia los diferentes tipos de maíz criollo que no han sido caracterizadas y explotadas hasta la actualidad, la producción de maíz en esta comunidad es evidente ya que se encuentra ligada a las condiciones sociales y económicas de los agricultores, el maíz criollo es un jerga que utilizan los campesinos para poder hacer saber al consumidor que pertenece a su comunidad y que se diferencia de otras variedades nacionales o internacionales, a la diferencia de un maíz híbrido que es una variedad mejorada en todas sus características morfológicas.

La semilla de maíz mejorado presenta una demanda creciente entre los productores agrícolas debido a su mayor rendimiento y a su mejor adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, no obstante, su acceso aún resulta limitado para ciertos agricultores por los costos asociados a su adquisición. El desarrollo del maíz mejorado constituye un avance significativo dentro del campo del fitomejoramiento vegetal ya que permite obtener materiales genéticos con mejores características productivas y mayor resistencia a factores bióticos y abióticos (Castillo, 2025).

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, desempeñando un papel fundamental en la alimentación humana y animal, así como en diversas industrias. En Ecuador, el maíz es un cultivo esencial, tanto en su forma criolla como en los híbridos mejorados, cada uno con sus propias ventajas y características distintivas. De la misma manera, el cultivo de maíz dentro de Ecuador tiene una gran relevancia tanto económica como social, siendo uno de los principales alimentos consumidos por la población y una fuente de ingresos para miles de familias dedicadas a la agricultura. Sin embargo, la producción del maíz enfrenta diversos desafíos, como la variabilidad en la calidad del suelo, la incidencia de plagas, las fluctuaciones climáticas y la falta de acceso a tecnologías avanzadas (Carrasco, 2023).

El estudio de las características físicas y químicas de este cruce genético del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego, así como las características composicionales del grano obtenido del cruzamiento, permitirá identificar rasgos deseables orientados a mejorar la productividad, la calidad y la adaptabilidad de los cultivos de maíz en estas localidades. La evaluación de componentes como proteínas, carbohidratos y minerales, junto con variables agronómicas, posibilita seleccionar materiales con atributos superiores. Esta selección puede contribuir de manera directa al incremento de la rentabilidad de los agricultores, fortaleciendo así la economía local y regional. En este contexto, resulta necesario implementar estrategias de mejoramiento genético que favorezcan la obtención de cultivares más eficientes y con mayores rendimientos productivos (Gesteiro, 2023).

El híbrido Nidera es conocido por su alta productividad y resistencia a enfermedades, mientras que el maíz criollo fuego es valorado por su adaptabilidad a las condiciones locales y su calidad nutricional. Sin embargo, la combinación de estas dos variedades mediante cruzamiento genético podría potencialmente generar una nueva variedad de maíz que combine las mejores características de ambas, promoviendo una mayor productividad y resiliencia en el cultivo, además de mantener o mejorar la calidad nutricional y otras propiedades beneficiosas.

La investigación en genética de cultivos es crucial para avanzar en el conocimiento sobre la interacción de genes y su influencia en las características fenotípicas y químicas de las plantas. Los resultados obtenidos de este estudio aportarán con información valiosa para la comunidad científica y ser aplicados en futuras investigaciones en mejoramiento genético de cultivos. Por otra parte, esta información puede ser utilizada por los agricultores, extensionistas y tomadores de decisiones para optimizar la producción agrícola y promover la sostenibilidad en el sector.

Además, esta investigación contribuirá al fortalecimiento de la soberanía alimentaria local, al promover el uso de variedades genéticamente mejoradas que conserven las propiedades beneficiosas del maíz criollo, mientras incrementan su rendimiento y resistencia. También ofrecerá a los agricultores nuevas herramientas y conocimientos sobre variedades más eficientes, lo que puede mejorar su calidad de vida y potenciar el desarrollo económico en las comunidades rurales.

La presente investigación se realizó debido a la necesidad creciente de optimizar los cultivos de maíz en las localidades de Sancán, Membrillal y San Francisco, zonas donde los agricultores enfrentan limitaciones en la producción debido a factores como la variabilidad climática, la degradación del suelo y el Periodo productivo extenso (4 meses), otros. A pesar de la importancia económica y alimentaria del maíz, existe la falta de estudios que analicen la composición física y química del cruzamiento entre variedades híbridas y criollas ha limitado el aprovechamiento de su potencial genético, es por ello que surge la importancia de evaluar científicamente las características composicionales del grano obtenido de la progenie 1 del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego, con el propósito de identificar una alternativa productiva que combine la resistencia, adaptabilidad y valor nutricional de ambos materiales genéticos.

De la misma manera, este trabajo busca generar conocimientos aplicables al campo agropecuario local, permitiendo que los resultados obtenidos sirvan como base para futuros programas de mejoramiento genético y así los agricultores puedan acceder a semillas con mayor rendimiento, resistencia a factores adversos y calidad nutricional superior, fortaleciendo su productividad y competitividad.

Materiales y métodos

El presente estudio a nivel de campo se realizó en las comunas rurales de Sancán, Membrilla y San Francisco, sectores donde el cultivo de maíz Criollo fuego constituye una actividad relevante para la economía local y el sustento de los pequeños y medianos productores. Estas localidades presentan condiciones edafoclimáticas propias del trópico seco-húmedo, con suelos aptos para la producción de gramíneas y manejo agrícola tradicional que ha favorecido la conservación de variedades criollas, como el maíz fuego, coexistiendo con materiales mejorados como el híbrido Nidera.

Los análisis bromatológicos de proteínas se realizaron en el laboratorio de la universidad ULEAM (Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí) en su sede principal ubicada en Manta, Manabí, Ecuador, Vía a San Mateo; mientras que los análisis de ceniza, materia seca, humedad, grasa y carbohidratos se realizaron en el laboratorio bromatológico de la UNESUM (Universidad Estatal del Sur de Manabí) ubicada en Jipijapa, Manabí, Ecuador, vía a Noboa.

El factor en estudio correspondió a la primera progenie del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego en las comunidades de Sancán, Membrillal y San Francisco.

Se establecieron tres tratamientos correspondientes a las localidades establecidas, Sancán; Membrillal; San Francisco

El experimento se estableció utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), con el objetivo de evaluar las características físicas y químicas de la primera progenie del maíz. Se consideraron tres tratamientos, (T1 = Sancán, T2 =Membrillal, T3 = San Francisco), y tres repeticiones por tratamiento.

Tabla 1: Esquema del estudio experimental.

Delineamiento experimental	Medidas
Diseño experimental	DCA
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	3
Número de unidades experimentales	9

Nota: especificaciones del estudio

Los datos obtenidos de las características físicas y químicas de la primera progenie del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego se analizaron mediante estadística paramétrica. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para evaluar las diferencias entre los tratamientos (Carrasco, 2023).

Para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Este método permitió identificar las localidades que presentaron diferencias significativas en las variables físicas y químicas evaluadas (Carrasco, 2023).

Las variables físicas evaluadas fueron:

Tamaño de mazorca: se midió con una cinta métrica (cm) desde la base hasta la punta de la mazorca; Peso de la mazorca: se utilizó una gramera para pesar cada mazorca de maíz (gr). Diámetro de mazorca: se colocó un calibrador alrededor de la mazorca y se cerró suavemente sin aplastar los granos; Numero de hileras: se contó las filas verticales de granos alrededor de la mazorca. Numero de granos por hileras: se contó cuantos granos hay desde la base hasta la punta de la mazorca.

Las variables químicas evaluadas fueron:

Humedad: Por método gravimétrico desecación en estufa, se pesó el crisol vacío y luego el crisol con la muestra que contenía 5g. Se llevaron las muestras a la estufa a una temperatura de 150°C a secarse durante 12 horas, pasado este tiempo se sacan las muestras y se las deja enfriar en el desecador durante 40 minutos, luego se sacan las muestras del desecador y se volverán a pesar en la balanza para sacar el porcentaje de humedad. Formula

$$\% \text{Humedad} = (\text{Peso total} - \text{Peso Final}) / (\text{Peso total} - \text{peso crisol}) * 100.$$

Materia seca: Para determinar el % de Materia Seca implico pesar una muestra húmeda, secarla en horno a una temperatura constante (generalmente 105°C) hasta peso constante (eliminando toda el agua), volver a pesar la muestra seca y aplicar la fórmula:

$$\% \text{MS} = (\text{Peso de la muestra seca} / \text{Peso inicial de la muestra húmeda}) * 100.$$

Ceniza: Se colocó una cantidad conocida (5 g) de muestra de maíz en el crisol y se pesó. Luego se introdujo el crisol con la muestra en la plancha magnética a 400°C por 3 horas, seguido a esto se pasó a la mufla a 600°C por 2 horas hasta que la muestra se convirtió en ceniza blanca o gris clara, sin materia negra. Finalmente se sacó el crisol, se dejó enfriar en un desecador, luego se pesa para calcular el porcentaje de cenizas respecto al peso inicial de la muestra, mediante un método gravimétrico. Formula.

$$(\text{Peso crisol} + \text{ceniza}) - \text{peso crisol vacío} = \text{Pc}.$$

$$\frac{\text{Pc} \times 100}{\text{Pm}} = \% \text{ cenizas}$$

Grasas: Método de soxhlet, se pesó la muestra en la balanza analítica (1g), se colocó en papel filtro haciéndolo paquete y lo introducimos en el sifón, después pesamos el balón de grasa vacío, luego en el sifón se agregó 80ml de éter de petróleo a la muestra y se dejó en reposo por 4 horas, luego se recogió la grasa sedimentada dentro del balón. De la misma manera, al balón de grasa se lo lleva a la estufa por 30 minutos a 105°C y al término de este proceso se llevó el balón con la muestra y se la puso en el desecador por 25 minutos para finalmente pesar.

Fórmula

$$\% \text{grasas} = \frac{\text{peso de balón despues de estufa} - \text{peso de balón vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Proteínas: Método Kjeldahl; la muestra se calentó con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores para convertir todo el nitrógeno orgánico en amonio (iones amonio, NH_4^+). El amonio se destila como amoníaco (NH_3) y se recoge en una solución ácida (ácido bórico). Se valora el amoníaco recogido con una solución estándar de ácido (como HCl) para determinar la cantidad de nitrógeno presente en la muestra. Se calcula el porcentaje de nitrógeno (%N) en la muestra. Se multiplica el %N por un factor de conversión específico para el tipo de alimento (ej. 6.25 para carnes, 5.70 para lácteos, 5.83 para cereales) para obtener el % de proteína total.

Fórmula

$$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ Nitrógeno} \times \text{Factor de Conversión})$$

Carbohidrato: Con los porcentajes obtenidos de ceniza, grasa, humedad y proteínas se procede a realizar el cálculo para obtener porcentaje de carbohidratos totales de la muestra, mediante la siguiente formula:

$$\% \text{CT} = 100 - \% \text{Humedad} - \% \text{Proteínas} - \% \text{Grasas} - \% \text{Ceniza}$$

Manejo de muestras bromatológicas: para obtener los análisis bromatológicos se sacaron granos de maíz de la parte media de la mazorca previamente seleccionados, se trasladaron en fundas limpias y etiquetadas al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Se molieron los granos de maíz para empezar con los debidos estudios.

Resultados y discusión

Los resultados descriptivos en la tabla 1, muestran que las variables evaluadas cumplen con la normalidad al $P < 0,05$ de probabilidad, las variables químicas presentan coeficientes de variación bajos a moderados destacándose la materia seca y los carbohidratos como las más estables. Por otro lado, las variables físicas muestran una variabilidad ligeramente mayor, especialmente el peso de mazorca (12,36%) y el número de granos por hilera (12,08%). Los valores de asimetría y curtosis cercanos a cero en la mayoría de variables indican distribuciones aproximadamente normales, lo que respalda la validez de los análisis estadísticos paramétricos aplicados, a excepción de granos por hilera (1,00) que presenta una asimetría positiva más marcada.

Tabla 1: Análisis de normalidad para características físicas y químicas de la primera progenie de maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego.

Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Asimetría	Kurtosis
Carbohidratos	9	72,36	1,47	0,49	2,03	0,13	-1,37
Proteínas	9	9,62	0,60	0,20	6,19	-0,64	-1,38
Humedad	9	11,46	0,66	0,22	5,78	-0,68	-1,05
Ceniza	9	1,59	0,19	0,06	12,04	-0,30	-1,48
Grasas	9	5,01	0,56	0,19	11,28	0,70	-1,05

Materia seca	9	88,65	0,81	0,27	0,91	0,66	-1,29
Tamaño de mazorca (cm)	9	14,19	1,34	0,45	9,47	0,66	-0,66
Peso de mazorca (gr)	9	129,11	15,96	5,32	12,36	0,04	-0,99
Diámetro de mazorca (cm)	9	4,87	0,32	0,11	6,49	0,95	-0,28
N. de hieleras	9	15,45	1,18	0,39	7,62	0,58	-1,21
N. de granos por hieleras	9	26,04	3,15	1,05	12,08	1,00	0,73

D.E.: Desviación estándar; E.E.: Error Estándar; C.V.: Coeficiente de variación

En la tabla 2, se puede notar que la variable número de hileras es la variable con significancia estadística, lo que indica que el tratamiento influyó de manera real. Al contrario de tamaño de mazorca, peso de mazorca, diámetro de mazorca y número de granos por mazorca, son variables que dieron resultados a no significativos ya que sus valores son superiores al umbral común del p-valor (0,05).

Los valores de C.V%. son relativamente bajos, lo que sugiere que tuvo o precisión y suele considerarse aceptables, lo que da confiabilidad a que la falta de significancia se debe a los tratamientos y no a un error experimental

Tabla 2: Cuadrados medios de las variables físicas. 2026.

Factor de variación	p-valor	Tratamiento (CM)	Error (CM)	C.V. %
Tamaño de mazorca (ns)	0,0698	4,52	0,81	6,35
Peso de mazorca (ns)	0,8567	49,10	305,24	13,53
Diámetro de mazorca (ns)	0,6346	0,07	0,14	7,66
Numero de hileras (*)	0,0284	4,02	0,41	4,13
Numero de granos por hileras (ns)	0,2810	16,01	9,03	11,54

Nota: **=estadísticas altamente significativas, *=estadística significativa, Ns= no significativo

En la tabla 3, se observa las variables mediante la prueba múltiple de Tukey al $P < 0,05$. Las variables tamaño de mazorca, peso de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por hilera tiene la misma letra (a), lo que indica que no hay diferencias significativas en los tratamientos y se mantiene constante estadísticamente, sin embargo, la variable número de hileras indica que el T3 (San Francisco) es significativamente superior a los T1 (Sancán) y T2 (Membrillal). En conclusión, San Francisco destaca por producir mazorcas con mayor número de hileras.

Tabla 3: Valores promedios de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Tamaño de mazorca	Peso de mazorca	Diámetro de mazorca	Numero de hileras	Nº de granos por hilera
1.Sancan	15,17	131,22	4,75	14,89 b	28,67
2.Membrillal	14,58	131,67	4,82	14,67 b	25,11

3.San francisco	12,81	124,45	5,04	16,78 a	24,33
------------------------	-------	--------	------	----------------	-------

Nota: Letras diferentes presentan significancia estadística ($p < 0.05$)

En la Tabla 4, de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), todas las variables tienen un p-valor menor al umbral común (0,05) lo que indica que son estadísticas altamente significativas, lo que quiere decir que si existe una diferencia real en la composición química de los tratamientos. las variables humedad, materia seca, grasas, proteínas y carbohidratos presentan un C.V. menor al 3% lo que indica que los datos son muy consistentes, mientras que, ceniza presenta un C.V. 7,19% que es la mayor variabilidad, aunque sigue estando dentro de rangos aceptables. Carbohidratos tiene la mayor variación en tratamiento (8,32%), seguido de materia seca (2,39%).

Los datos demuestran que hubo un efecto directo en todas las propiedades químicas analizadas.

Tabla 4: Cuadrados medios de las variables químicas.

	P-valor	Tratamiento (CM)	ERROR (CM)	C.V%
Humedad (**)	0,0057	1,48	0,06	2,14
Ceniza (**)	0,0348	0,11	0,01	7,19
Materia seca (**)	0,0046	2,39	0,09	0,33
Grasas (**)	0,0009	1,19	0,02	2,71
Proteínas (**)	0,0006	1,38	0,02	1,36
Carbohidratos (**)	0,0002	8,32	0,06	0,34

Nota: **=estadísticas altamente significativas, *=estadística significativa, Ns= no significativo

En la tabla 5, el T3 (San Francisco) tiene el menor contenido de humedad con un 10,66%, mientras que el T1 (Sancán) 11,75% y T2 (Membrillal) 11,97% sus niveles son similares. Los niveles de ceniza son similares entre T1 (Sancán) 1,73% y T3 (San Francisco) 1,69%, sin embargo, T2 (Membrillal) presenta en menor nivel con 1,37%.

El T3 (San Francisco) tiene mayor contenido en materia seca 89,68% y carbohidratos con 74,04%, mientras que el T1 (Sancán) destaca su mayor contenido en grasas 5,70%. El menor aporte proteico lo tiene el T3 (San Francisco) 8,86%, mientras que el T1 (Sancán) es el más alto 10,16%, seguido del T2 (Membrillal) 9,84%. El T1 (Sancán) tiene los porcentajes más altos, a diferencia del T2 y T3.

Tabla 5: Valores promedios de acuerdo a la prueba de Tukey.

Tratamientos	Humedad	Ceniza	Materia seca	Grasas	Proteínas	Carbohidratos
1.Sancan	11,75 a	1,73 a	88,25 b	5,70 a	10,16 a	70,71 c
2.Membrillal	11,97 a	1,37 b	88,03 b	4,46 c	9,84 a	72,34 b
3.San francisco	10,66 b	1,69 a	89,68 a	4,86 b	8,86 b	74,04 a

Nota: Letras diferentes presentan significancia estadística ($p < 0.05$)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la primera progenie del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego presenta un comportamiento diferencial en sus características físicas y químicas según la localidad de evaluación. En las variables físicas, el análisis de varianza mostró que únicamente el número de hileras presentó diferencias significativas, mientras que el tamaño de mazorca, el peso de mazorca, el diámetro de mazorca y el número de granos por hilera no evidenciaron diferencias estadísticas. De acuerdo con la prueba de Tukey, San Francisco presentó el mayor número de hileras con 16,78, valor superior a Sancán (14,89) y Membrillal (14,67). Este resultado concuerda con lo reportado por Fuentes (2022), quien indica que el número de hileras es una variable sensible a las condiciones ambientales, aunque es inferior a lo señalado por Becerra (2023), quien reportó más de 18 hileras en híbridos comerciales.

El tamaño de mazorca osciló entre 12,81 cm (San Francisco) y 15,17 cm (Sancán), mientras que el peso varió entre 124,45 g (San Francisco) y 131,67 g (Membrillal), sin diferencias significativas. Estos valores son similares a los encontrados por Ramírez (2022) en maíces criollos (13–16 cm y 120–135 g), pero inferiores a los reportados por López (2023) en híbridos comerciales (>150 g), lo que indica que el cruzamiento presenta características intermedias entre materiales criollos y mejorados. El número de granos por hilera varió entre 24,33 (San Francisco) y 28,67 (Sancán), sin diferencias estadísticas, lo que coincide con Fuentes (2022), quien reportó rangos entre 24 y 30 granos por hilera en maíces criollos.

En las variables químicas, el análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas en humedad, ceniza, materia seca, grasas, proteínas y carbohidratos. La humedad fue menor en San Francisco (10,66%) respecto a Sancán (11,75%) y Membrillal (11,97%), valores inferiores a los reportados por García et al. (2020) (>13%), lo que favorece la conservación postcosecha. La ceniza fue menor en Membrillal (1,37%) frente a Sancán (1,73%) y San Francisco (1,69%), resultado comparable con Paredes (2021), quien relaciona el contenido mineral con la fertilidad del suelo.

La materia seca fue mayor en San Francisco (89,68%) frente a Sancán (88,25%) y Membrillal (88,03%), lo que coincide con Herrera (2023), quien asocia mayores porcentajes con una mayor eficiencia fotosintética. El contenido de grasas fue más alto en Sancán (5,70%) que en Membrillal (4,46%) y San Francisco (4,86%), similar a lo reportado por Quintero (2021) (4–6%). En proteínas, Sancán presentó el mayor valor (10,16%), seguido de Membrillal (9,84%) y San Francisco (8,86%), valores concordantes con García et al. (2020) (8,8–10,6%), pero inferiores a los reportados por Becerra (2023) (>11%). Los carbohidratos alcanzaron el mayor valor en San Francisco (74,04%), seguido de Membrillal (72,34%) y Sancán (70,71%), lo que concuerda con Fils (2021), quien reporta mayor acumulación de carbohidratos en materiales con alta eficiencia fotosintética.

Conclusiones

En cuanto a la caracterización física de la primera progenie, entre el híbrido Nidera y el criollo fuego, se pudo observar que este cruzamiento no influyó sobre sus variables morfológicas a excepción del número de hilera en la que se obtuvo un mayor promedio en el T3 San Francisco frente a Sancán y Membrillal, lo que indica que esta variable produce mazorcas con mayor número de hileras, mientras que las demás mantienen un comportamiento morfológico estable en los ambientes evaluados.

De acuerdo al análisis de las características químicas, se pudo observar que el cruzamiento del maíz entre el híbrido Nidera y el criollo fuego influyó sobre las variables bromatológicas de la primera progenie de estos híbridos en estudio. Los resultados confirman que el cruzamiento expresa una composición química variable según la localidad con un perfil nutricional intermedio entre maíces criollos y materiales mejorados

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento a los productores de las tres localidades donde se realizó la presente investigación, por su colaboración incondicional y lograr estos primeros resultados que de seguro contribuirá a mejorar la socioeconomía de los demás agricultores maiceros de la zona.

Referencias

- Analuisa, I., Jimber, J., Fernández, J., & Vergara, A. (2023). La cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano. Retos y oportunidades. *Lecturas de Economía*(98), 231-262. doi: <https://doi.org/10.17533/udea.le.n98a347315>
- Becerra, J. (2023). Evaluación de veinte híbridos de maíz (*Zea mays*) en cuatro localidades de Jalisco. Jalisco: Instituto Tecnológico de Tlajomulco, JAL. doi: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/5767/1/Tesis%20Jose%20Luis%20Becera%20Moren.pdf>
- Camarena, F., Chura, J., & Blas, R. (abril de 2015). Agrobanco. Obtenido de https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf
- Carrasco, W., Montero, P., Cobos, F., & Gómez, J. (2023). Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad. *Journal of Science and Research*, 8(4), 115-130. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10002071>
- Castillo, I. (2025). Fitomejoramiento participativo del maíz criollo "Amarillo Claro", en la comuna Membrillar - Jipijapa. Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7373/1/Castillo%20Cede%C3%B1o%20Iveth%20Jeraldine.pdf>
- Clemente, A., Meneses, M., & Pardey, C. (2022). Evaluación del rendimiento de híbridos provenientes de líneas endocriadas de maíz criollo (*Zea mays*) del departamento del Magdalena. *Intropica*, 17(1), 88-96. doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.4039>
- Coral, J., Andrade, H., Pumisacho, M., Caicedo, J., & Salazar, D. (2020). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la Parroquia Malchinguí. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(17), 40-49. doi: <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1091>
- Cruz, N. (25 de septiembre de 2017). Revista de agroproductividad. Obtenido de Revista de agroproductividad: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/982>

- Cuesta, X., Rivadeneira, J., & Monteros, C. (noviembre de 2020). Repositorio INIAP. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5649/1/MEJORAMIENTO%20GEN%C3%89TICO%20DE%20PAPA%282020%29%20%2818%20nov%29.pdf>
- Fils, J. (2021). Mejoramiento genético participativo: herramientas para una producción sustentable de maíz criollo (*Zea mays* L.) en Yucatán. *Extensão Rural: Práticas E Pesquisas Para O Fortalecimento Da Agricultura Familiar*, 2, 262-275. doi: <https://doi.org/10.37885/210303595>
- Fuentes, T. (02 de marzo de 2022). Repositorio Revista de ciencia multidisciplinaria Unesum . Obtenido de Repositorio Revista de ciencia multidisciplinaria Unesum : <file:///D:/Respaldo/Downloads/631-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1922-2-10-20220127.pdf>
- Fuentes, T., Parrales, A., Jessica, M., García, J., & Gabriel, O. (2022). Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la Comuna Sancán, Ecuador. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria* , 6(2), 101-116. doi: <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.631>
- García, R., Portal, N., Santos, R., & Rodríguez, A. (2021). Mejoramiento genético para la resistencia a marchitez por *Fusarium* en banano. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(1), 122-146. doi: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2008-2>
- García, A., Cruz, R., Rayas, A., Jiménez, J., & Fabela, M. (2020). Caracterización físico.-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México. *Agroproductividad*, 13(7), 95-100. doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1728>
- García, L., Vázquez, M., & Preciado, R. (2023). Calidad del grano florido y su contenido fitoquímico de híbridos de maíz no convencionales del subtrópico mexicano durante tres ciclos de cultivo. *Plants*, 12(3), 2-16. doi: <https://doi.org/10.3390/plants12142691>
- Gesteiro, N. (2023). Mejora genética del maíz para doble aprovechamiento. Tesis Doctoral, Universidad de Vigo. Obtenido de <https://www.investigobiblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/6409>
- Guacho, E. (05 de noviembre de 2014). Repositorio Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de Repositorio Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <https://core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>
- Gutierrez, M. (12 de diciembre de 2010). Taylor y Francis Online. Obtenido de Taylor y Francis Online: <https://doi.org/10.1080/19476330902940416>
- Hernández, R., Santacruz, A., Reyes, C., López, H., & Lobato, R. (2024). Predicción de híbridos de cruas simples de maíz con base en información genómica de las líneas. *Bioagro*, 36(3), 255-266. doi: <https://www.doi.org/10.51372/bioagro363.1>
- Márquez, F. (2017). De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 5(2), 151- 166.
- Márquez, F. (2019). De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: La hibridación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6(2), 161-167.
- Martinez, R. (12 de febrero de 2024). Dialnet. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9682924.pdf>
- Massa, G., González, M., & Feingold, S. (2020). Avances y desafíos de la edición génica para el mejoramiento de plantas. *Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica*, 162(2), 36-42.

- Ortega, J., Figueroa, J., Limongi, R., & Vera, R. (2022). Comportamiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en sistema transitorio con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Lodana, Ecuador. *Especial Agropecuaria*, 6(2), 135-152. doi: <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.633>
- Parrales, A. (2021). Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la comuna Sancán. Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3210>
- Parrales, E., & Jaime, M. (2025). Sostenibilidad económica a través de autogestión comunitaria: Un análisis en la Comuna Sancán. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 9(17), 1755-1783. doi: <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/827>
- Sanchez, I. (12 de marzo de 2014). Repositorio Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de Repositorio Universidad Complutense de Madrid: <https://docta.ucm.es/entities/publication/0505106a-94ee-43ab-a35f-82e6835f0a81>
- Silva, M. (2014). Caracterización molecular de las razas de canguil, tusilla y mezclas de maíz del banco de trabajo del programa de maíz del INIAP. Universidad de las fuerzas armadas. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8230/T-ESPE-047652.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tumbaco, O. (2023). Respuesta morfofisiológica del Híbrido de maíz (*Zea mays* L.) (Adavanta 9559 a cuatro densidades de siembra. Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5800>
- Valverde, B. (2020). Sustentabilidad de la producción maicera en los cantones Jipijapa y Paján de la Provincia de Manabí, 2019. Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/3351>