



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental, presentado al H. Consejo Directivo de la
Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Calidad molinera de 40 líneas avanzadas F6 de arroz (*Oryza sp.*),
cultivadas en dos zonas arroceras del Ecuador”.

AUTOR:

Bryan Jordany Zamora Morejón

TUTOR:

Ing. Agr. Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.

Babahoyo-Los Ríos-Ecuador

2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme, cuidarme y guiarme a lo largo de mi vida, por ser el apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad.

A mis Padres Nelson Zamora y Carmen Morejón, quienes con su amor, cariño, comprensión y sacrificio me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, mil gracias por inculcar en mí el ejemplo de valentía y esfuerzo.

A mi Novia Jessica, Hermano Anthony, Tíos Carlos, Marcos, Mónica, Miryam y Verónica, Abuelos Marcial, Antonio, Gladys e Isabel y al resto de mi familia, por siempre haberme apoyado; gracias por sus oraciones y palabras de aliento que cada uno me brindaba.

A mi Tutor de tesis Ing. Agr. Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD, también al Ing Lenin Arana, Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc y al dueño de la Piladora Arrolamh S.A; Ing. Cristian Medina, por haberme brindado su apoyo y dedicación en el proceso de titulación.

A los docentes de la FACIAG por haberme compartido sus conocimientos y a mis estimados amigos Jefferson, Yandri, Gerardo, Boris, Alberto, Arelis, Gabriela, Ana, Cesar, Carlos, Josue y a los demás que siempre estuvieron apoyándome, dentro y fuera del aula.

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental, se lo dedico principalmente a Dios, a mi Madre y a mi Abuelo, ya que ellos desde el cielo me han cuidado y guiado para poder cumplir uno de mis anhelos más deseados.

A mi Padre ya que ha sido un pilar fundamental en mi vida; a mi Novia, Tías, Tíos, Abuelos, Hermano, Primos; por brindarme su apoyo a lo largo de mi etapa estudiantil.

También esta dedicatoria va para las personas que me han apoyado en el trayecto de mi formación como profesional, a mis estimados amigos que compartieron conmigo el aula de clase y a los docentes que me compartieron sus conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Generalidades del cultivo de arroz	4
2.2. Descripción botánica del arroz	5
2.3. Taxonomía	5
2.4. Mejoramiento genético	6
2.5. Requerimientos del cultivo	7
2.6. Importancia económica y distribución geográfica	7
2.7. Comercialización Mundial y Nacional	7
2.8. Localización productiva de arroz en el Ecuador	8
2.9. Definición de molienda y molino	8
2.10. La calidad del grano	8
2.10.1. Tamaño del grano de arroz.....	9
2.10.2. Característica física del grano de arroz.....	10
2.11. Calidad industrial	10
2.12. Evaluación de calidad molinera	11
2.12.1. Índice de pilada en cosecha oportuna.....	11
2.12.2. Centro blanco.....	12
2.12.3. Longitud y ancho del grano.....	12
2.13. Calidad molinera del grano de arroz	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Ubicación y descripción de los sectores donde se obtuvieron las muestras de los genotipos cosechados	13
3.2. Material genético de arroz	14
3.3. Factores en estudio y tratamientos	14
3.5. Análisis de Varianza	16
3.6. Manejo de ensayo	17
3.6.1. Cultivo de arroz 40 líneas F5 (semilla F6).....	17
3.7. Variables evaluadas	18

3.7.1.	Impurezas y grano limpio (g).	18
3.7.2.	Humedad (%).....	19
3.7.3.	Peso de la Cáscara o Tamo (g).....	20
3.7.4.	Arroz integral (g).....	20
3.7.5.	Polvillo (g).....	21
3.7.6.	Masa blanca (g).....	22
3.7.7.	Granos quebrados (g).....	24
3.7.8.	Granos Flor (g).	25
IV.	RESULTADOS	26
V.	DISCUSIÓN	36
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
VII.	RESUMEN	38
VIII.	SUMMARY	39
IX.	BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de líneas avanzadas, origen asignado a cada línea de arroz.....	15
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza.	16
Tabla 3. Valores de las medias obtenidas en 43 genotipos y en las dos localidades estudiadas (L1 = Babahoyo) y (L2 = Santa Lucía).....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Líneas seleccionadas (a), localidades (b), cosecha y chicoteo (c), recolección de granos luego del chicoteo (d), secado de muestras (e), medidor de humedad (f) y laboratorio de calidad de granos de la Piladora Arrolamh S.A (g).	18
Figura 2. Peso de 1000 gramos de muestra (a), limpieza del equipo antes de proceder al uso (b), pasado de las muestras y colección de los granos limpios e impurezas (c), pesado de granos limpios (d).....	19
Figura 3. Equipo detector de humedad (a), peso de 200 gramos de muestra limpia (b), muestra colocada en el cilindro y utilización de la máquina (c).	20
Figura 4. Tamo obtenido del descascarado de las muestras.	21
Figura 5. Máquina de descascarar (a), proceso de descascarado (b) y obtención de muestras descascaradas (c).....	22
Figura 6. Polvillo obtenido del pulimiento del arroz integral.....	21
Figura 7. Marca del motor de la pulidora (a), pulidora de capacidad máxima de 800 g (b), colocación de muestra (c), pesas que se ubicaba en la palanca encima del cilindro (d), muestras pulidas (e).....	24
Figura 8. Cilindro clasificador (a), peso de 100 gramos en la balanza digital (b), ubicación de granos en el cilindro (c), arroz quebrado o arrocillo colectado en la muestra de 100 g (d).	25
Figura 9. Peso de granos enteros en la balanza digital.	25
Figura 10. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor de 40 las líneas avanzadas F6 y tres variedades comerciales de arroz en la localidad de Babahoyo, Los Ríos - Ecuador.	30
Figura 11. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor de 40 las líneas avanzadas F6 y tres variedades comerciales de arroz en la localidad de Santa Lucía, Guayas - Ecuador.	30
Figura 12. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor promediadas para las dos localidades, comparando los promedios de las 40 líneas avanzadas F6 y los promedios de las tres variedades comerciales de arroz.	31
Figura 13. Representación a manera de pasteles de las líneas avanzadas F6 de arroz, destacadas comparadas con el testigo de mejor producción, en la localidad de Babahoyo.	32
Figura 14. Representación a manera de pasteles de las líneas avanzadas F6 de arroz, destacadas comparadas con el testigo de mejor producción, en la localidad de Santa Lucía.	33
Figura 15. Análisis de la distancia euclideana, en líneas de arroz conformadas en cuatro grupos, que presentan similitudes entre ellas.	35

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), forma parte de un grupo de 19 especies de plantas anuales de la familia de las Gramíneas; por lo tanto, el arroz común es la única especie importante para el consumo humano. Algunos analistas afirman que este cereal es procedente del sureste asiático y se cultiva desde hace más de 7000 años. Se han recolectado evidencias de su cultivo, anteriores al año 5000 AC en el oriente de China, y antes del año 6000 AC en una caverna del norte de Tailandia (Ideas, 2005).

El arroz es el grano básico de producción más importante a nivel mundial, debido al área total que se cultiva alrededor del planeta y la cantidad de personas que dependen de su cosecha, proporcionando empleo a gran cantidad de personas, principalmente en Asia, África y América (Ramos, 2013).

Entre los más importantes caracteres alimenticios que tiene el arroz están un rico contenido de almidón, vitamina, minerales y su bajo contenido de grasa (CIAT, 2009).

En Ecuador, el rendimiento promedio nacional del cultivo de arroz en cáscara para el primer cuatrimestre del año 2017 fue de 3.92 t/ha. Este dato comparado con el del año 2016 que fue de 4,16 t/ha, donde se observó una disminución de 6% a nivel nacional, debido principalmente a problemas fitosanitarios que se presentaron en dichos años. La provincia más afectada en esta tendencia del rendimiento nacional fue Los Ríos, con una disminución del 12% en su producción (Castro, 2017).

De acuerdo con el Instituto de Investigaciones del Arroz (2001), citado por Vásquez y González (2014) en Cuba, el mejoramiento del cultivo del arroz ha estado dirigido a la incorporación de genes de resistencia a enfermedades y plagas y la mejora de la calidad del grano, del que han resultado un gran número de cultivares mejorados. A pesar de ello y conociendo el alto riesgo que representa, la producción arrocería en ese país tiende a sustentarse con pocos cultivares de arroz que ocupan la mayoría del área de siembra. Este es el caso

de cultivar IR880-C9 que predominó en el período de 1976-1981 y desde 1982 hasta el 2000 el cultivar J-104.

En Ecuador cada una de las variedades posee diferentes características que determinan la calidad molinera del arroz, evaluándose en base al rendimiento total en molino, centro blanco y longitud del grano (Zambrano, Chavarro & Gonzalez, 1980).

La calidad de grano está relacionada con las propiedades fisicoquímicas del mismo, tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa. Otros autores se refieren a la cosecha y a su manejo incluido las labores de recolección, secado, transporte, procesamiento, almacenamiento, etc. Para el agricultor arrocero suscita especial interés ya que determina en mayor o menor medida el valor económico que obtiene por su cosecha (CIAT, 1989) citado por (Varón, 2012).

Las variedades de arroz que actualmente existen en el mercado no son suficientes, por la diversidad de clima y suelo de las zonas arroceras en las que se desarrolla este cultivo; por lo tanto, es necesario obtener nuevas variedades de arroz para el mejoramiento de la producción arroceras y aumentar la calidad del grano de cada una de las variedades mediante los cruces de diferentes especies que tiene este estudio que son

La Universidad Técnica de Babahoyo, a través del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, lleva a cabo un Programa de Mejoramiento Genético de Arroz desde el año 2014, donde se han utilizado arroces de tres especies, tales como: *Oryza sativa* L. ssp. *indica*, *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* y *Oryza rufipogon* G. o también conocida como "Puyón". El resultado que al momento se tiene de los cruces entre estas especies, son líneas avanzadas seleccionadas por su alta producción y grano largo, que al momento se encuentran en la Filial 6 (F6). En lo que respecta a las progenies Puyón/Japónicas, se poseen 40 líneas, con las cuales es fundamental conducir experimentos de calidad molinera, como parte de los requerimientos en características a nivel nacional.

En esta investigación se han realizado los análisis de la calidad molinera de las líneas avanzadas F6, para disponer de futuras nuevas variedades con características comerciales y de alta aceptación a nivel local o regional.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar las propiedades molineras de 40 líneas avanzadas (semillas F6) de arroz, derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* para potenciar su uso a nivel comercial.

1.1.2. Objetivos específicos

- Medir las propiedades molineras de 40 líneas avanzadas (Semillas F6) de arroz.
- Identificar las diferencias de las propiedades molineras entre las 40 líneas avanzadas (Semillas F6) de arroz, para seleccionar las de mejores características.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cultivo de arroz.

Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz, debido a que en ella abundan los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo se dio lugar en China, tanto en tierras bajas así como en tierras altas; probablemente haya habido varias rutas por las cuales se introdujo el arroz de Asia y desde allí a otras partes del mundo. Los últimos hallazgos arqueológicos en yacimientos de China, han puesto al descubierto glumas de arroz que podrían datarse entre los años 2750, 3280 y hasta 3.500 años antes de Cristo en Tailandia. De este modo, la extendida creencia de que el *Oryza sativa* era de origen Indú, 2500 a.c. ha quedado desplazada. En realidad, las últimas investigaciones apuntan que ésta parece tener un origen mucho más anterior a lo que se creía (Caicedo, 2008).

El Arroz es una gramínea anual de gran importancia en la dieta humana como fuente de carbohidratos. Constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de sur América. Es la especie más cultivada después del trigo, ocupando 151 millones de hectáreas, la producción alcanzada se ha estimado en 562 millones de toneladas métricas y Asia produce el 90% del total mundial, siendo china el principal productor, seguido de Brasil, siendo el mayor productor en el continente americano. Este cereal es una de las pocas especies alimentarias adaptadas en terrenos inundados, y por su alta capacidad productiva es una importante fuente de imagen para el sector agrícola de muchos países (Ospina y Aldana, 2010).

Se registran dos especies de arroz cultivadas; la especie *Oryza sativa* y *Oryza glaberrima*. La primera es originaria de Asia y está ampliamente dispersa por todas las regiones tropicales y templadas del mundo, mientras la segunda tiene a África Occidental como su centro de origen y está siendo paulatinamente substituida por el arroz asiático. Con el proceso evolutivo y de domesticación a que se sometió esta especie, surgieron innumerables tipos genéticamente

divergentes los cuales se fueron adaptando a las más variadas condiciones agro ecológicas, estando la especie actualmente subdividida en dos principales subespecies, grupos o razas ecogeográficas (Ortiz y Ojeda, 2006).

2.2. Descripción botánica del arroz.

El arroz es una planta herbácea anual que se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación. Está formada por tallos rectos dispuestos en macollas, con raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y fasciculadas. La planta, provista de 7-11 hojas durante la fase vegetativa, alcanza una altura variable comprendida entre los 80 y los 150 centímetros, según la variedad y las condiciones ambientales de cultivo (Franquet, 2002).

El tallo corresponde a la estructura característica de las gramíneas. Los macollos son tallos secundarios que salen de las yemas apicales. El macollaje se inicia en el primer nudo. Las hojas son alternas y están dispuestas a lo largo del tallo. Está constituida por vaina, zona de unión y lámina. Las espiguillas están formadas por un pequeño eje llamado raquis, sobre el cual se encuentra una flor simple, formada por dos brácteas denominadas glumas estériles, dos brácteas superiores, llamadas glumas florales, que constituyen la caja floral. La flor está constituida por seis estambres y un pistilo. Los estambres constan de filamentos delgados portadores de anteras cilíndricas que contiene cada una entre 500 y 1000 granos de polen (Villar, 2011).

2.3. Taxonomía.

El arroz es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las Panicoideas y a la tribu Oryzae. El nombre científico es *Oryza sativa*. Evolutivamente se acepta que la forma perenne del *Oryza perennis* y para otros, el *Oryza rufipogon*, es el antecesor común, tanto del arroz cultivado, como del arroz rojo. Aunque el arroz rojo, no se originó directamente del arroz cultivado, es frecuente el uso de *O. sativa* f. *spontanea* como el nombre científico del arroz rojo. El número de cromosomas de la especie *O. sativa*, es $2n=24$ y $n=12$. Recientemente, se ha informado que se ha

descifrado el genoma del arroz, que dentro de las gramíneas cultivadas es uno de los menos complicados. El estudio publicado indica que el genoma del arroz está constituido por unos 50 mil de genes y que las bases de estos genes suman unos 430 millones de pares de bases de ADN (SAG, 2003).

2.4. Mejoramiento genético.

En cuanto al mejoramiento genético de este cereal, se busca mejorar el aumento de su rendimiento a nivel mundial (0,68% en 6 años) mediante el uso de variedades mejoradas, las cuales básicamente apuntan hacia la mayor resistencia a enfermedades, menor altura, calidad de grano y consecuentemente mayor producción. Su mejoramiento también se da mediante el cultivo *in vitro* de anteras de plantas procedentes de líneas haploides generalmente (InfoAgro, 2008).

Dentro de las modificaciones genéticas más destacadas de los últimos años, se pueden citar dos: arroz genéticamente modificado manipulado de tal manera que la cantidad de hierro disponible para la absorción se ha duplicado y la introducción de dos genes precursores de la vitamina A (betacaroteno) en los granos de arroz, que hace posible que el consumir 300 gramos del mismo en una ración diaria, pueda suplir la cantidad suficiente de esta vitamina para un correcto funcionamiento del organismo (EUFIC, 1999).

Además de las bondades a nivel nutricional anteriormente mencionadas, que el arroz genéticamente modificado puede aportar a las personas, existen también ventajas agronómicas tales como la resistencia a plagas, enfermedades, condiciones climáticas extremas que sin duda facilitan y promueven el desarrollo y crecimiento de un cultivo sano y productivo. Este es el caso del arroz transgénico con resistencia al virus de la hoja blanca desarrollado por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) el cual mediante la introducción de la N-proteína al ARN de la planta es capaz de resistir el ataque del devastador virus. Una vez que el virus se apodera del cultivo, las pérdidas registradas llegan hasta el 80% del total cultivado (FAO, 2018).

2.5. Requerimientos del cultivo.

Con respecto a los principales requerimientos del cultivo se puede destacar que se desarrolla en climas cálidos húmedos a una temperatura de 30°C a 35°C; a mayor temperatura sus tejidos se vuelven susceptibles a varias enfermedades. El suelo preferentemente debe ser arenoso arcilloso de textura fina a media para facilitar el suministro de nutrientes a la planta. Con respecto al pH, su valor óptimo se encuentra alrededor de 6,6 (CIAT, 2009).

2.6. Importancia económica y distribución geográfica.

El arroz se caracteriza por ser el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo, si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. El arroz suministra más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Además de su importancia como alimento, el cultivo de arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, aunque también es ampliamente cultivado en los continentes tales como África y en América, e intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, en los países como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia (Pàmies y Bernis, 2004).

2.7. Comercialización Mundial y Nacional.

La comercialización mundial de arroz en el año 2018, se cifró en 47,6 millones de toneladas. Este nivel sería sólo un 1 por ciento inferior al máximo histórico de 2017, que se estimó en 48,1 millones de toneladas. Desde una perspectiva regional, se asume que el aumento de los precios internacionales y las amplias existencias acumuladas, gracias a las buenas cosechas o a las elevadas importaciones del 2017, reduzcan la demanda de importaciones en África, América Latina y el Caribe. Sin embargo; la disminución de las importaciones en estas regiones se contraponen a las perspectivas de un crecimiento de las compras asiáticas que las situarían en el segundo nivel más alto de la historia, dado que importantes compradores de los países asiáticos, tales como, Indonesia y Filipinas, recurren a las compras internacionales para

reponer las existencias y aliviar la presión sobre los precios locales. También se prevé que la demanda de importaciones se mantenga relativamente firme en los Estados Unidos y Europa (FAO, 2018).

2.8. Localización productiva de arroz en el Ecuador.

La mayor superficie sembrada de arroz en el país está en la región costa, pero también se siembra en las estribaciones andinas y en la Amazonía, pero en cantidades poco significantes. Apenas dos provincias, como son Guayas y Los Ríos, representan el 83% de la superficie sembrada de la gramínea en el Ecuador. Otras provincias importantes en el cultivo de arroz son Manabí con 11%, Esmeraldas, Loja y Bolívar con 1% cada una; mientras que el restante 3% se distribuye en otras provincias. En cuanto a la producción, de forma correspondiente, Guayas y Los Ríos tienen el 47% y 40%. Manabí el 8% y las restantes provincias productoras representan producciones menores y por lo tanto, su rendimiento también es más bajo que las principales zonas productoras del Ecuador (Ormaza, 2011).

2.9. Definición de molienda y molino.

En el diccionario la palabra molienda, es la acción de moler, que significa reducir una materia al tamaño de partículas y el molino es el equipo que se utiliza para realizar esta labor. Por lo general, el material debe molerse hasta que el producto sea un polvo muy fino. Probablemente un solo molino no sea capaz de lograr la reducción deseada, entonces será necesaria una secuencia de equipos para obtener el polvo fino (Mieles, 2016).

2.10. La calidad del grano.

Las variedades tradicionales del tipo índica cultivadas en los trópicos, tienen como características: mayor altura, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas, de color verde pálido y grano de tamaño medio a largo; y contenido de amilosa de medio a alto, lo cual le da el aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción (Celi, 2007).

Las preferencias por la longitud del grano, grado de molienda y aroma, varían ampliamente de una región a otra. Por ejemplo, el arroz de grano largo (tipo índica) usualmente queda seco y suelto al cocinarse, mientras que el arroz de grano corto (tipo japonico) queda húmedo y pegajoso. Algunos consumidores, especialmente de Asia, África y Europa prefieren el grano corto tipo (Japonico), que al cocinarse queda pegajoso y opaco; además del consumo directo, lo emplean también para la preparación de postres y dulces (Valencia, 2004).

La calidad del grano de arroz surge de la acción de varios factores fisicoquímicos del grano, tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, y la temperatura de gelatinización, contenido de amilosa del almidón, mientras que otros se refieren a la cosecha y su manejo, secado, transporte y almacenamiento. Las preferencias por la longitud y transparencia del grano, grado de molienda y aroma, varían de una región a otra. Además; la calidad varía dentro de cada tipo. Los consumidores prefieren en lo posible la menor cantidad de grano partido, carente de material inerte, bien pulido en el pilado, preferiblemente translúcido. Es de especial importancia emplear varios criterios para evaluar la calidad molinera y culinaria: presencia de centro blanco, longitud del grano, rendimiento en molino, porcentaje de arroz entero, temperatura de gelatinización y contenido de amilosa. Es entonces como la calidad se puede definir desde tres aspectos: calidad industrial, comercial y culinaria (Mamani, 2013).

2.10.1. Tamaño del grano de arroz.

La longitud, ancho de grano y su relación son consideradas una importante medida de la calidad de grano en el comercio y representan los principales componentes del tamaño de grano. La preferencia de los consumidores varía con respecto al país y su población; por ejemplo, en muchos países de América son preferidas las variedades de grano largo y fino; en cambio en Japón y sureste de Asia predominan los granos cortos. El tamaño de grano ha sido correlacionado con el peso de grano, su comportamiento en el proceso de molinería, cocción y calidad culinaria (Shao, 2004).

2.10.2. Característica física del grano de arroz.

Arroz con cáscara (paddy), por su aspecto exterior puede ser de cáscara lisa o glabro. El color de la cáscara varía entre café claro y café oscuro, aunque en algunas variedades tienden a rojizo o negruzco. La cáscara propiamente dicha está formada por las glumelas (lema y palea) y cuando se oprime el grano de arroz entre dos cilindros que giran en sentido opuesto y a diferente velocidad, las glumelas se abren y se separan del resto del grano; a esta operación se le llama descascarado y al grano sin cáscara se le denomina grano integral. El arroz después de ser despojado de la cáscara, el endospermo se encuentra todavía recubierto de 5 cutículas, las cuales se denominan, de afuera hacia adentro: epicarpio, mesocarpio, capa de células transversales o capa intermedia, parte central del óvulo o testa y finalmente capa aleurónica o aleurona. Todas estas capas, que se eliminan durante la operación llamada pulido, constituyen el salvado y el salvadillo, el color conjunto de las cutículas varían entre ámbar claro y ámbar, pero existen variedades en que el color es rojo intenso; violeta o negro; estos granos son generalmente rechazados por el molinero, pues son difíciles de preparar para hacerlos gratos al consumidor (Navas y Delgado, 2010).

2.11. Calidad industrial.

El proceso industrial en Argentina, como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano pulido constituido fundamentalmente por el endosperma. El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz cáscara (materia prima) en arroz elaborado (blanco o pulido). A diferencia de los otros cereales, en donde el grano es molido para convertirlo en harina, en la elaboración de arroz, el objetivo consiste en mantener la mayor cantidad posible de granos intactos como arroz entero. La eficacia técnica del proceso de elaboración; o sea, el rendimiento industrial, se juzga por la cantidad de arroz entero, obtenido a partir de una cantidad determinada de arroz cáscara.

El arroz cáscara antes de ser almacenado en los silos, debe ser secado a una humedad entre 13 - 14 %, para evitar problemas de hongos y conservación

del grano durante su reposo. El envejecimiento; es decir, la duración del periodo de almacenamiento, está en relación estrecha con las condiciones de humedad y temperatura, con las que se almacena el arroz cáscara (Piedra, 2010).

2.12. Evaluación de calidad molinera.

2.12.1. Índice de pilada en cosecha oportuna.

El índice de pilada es la relación porcentual entre la cantidad total de granos enteros y tres cuartos de arroz descascarado y pulido, obtenido luego de separar los granos partidos (fracciones menores a tres cuartos de un grano entero), en la muestra de rendimiento de molino o masa blanca. En cosecha oportuna (humedad del grano 22 - 24 %) se tomó una muestra (empacada en bolsa de papel) de 600 gramos de cada una de las parcelas, se realizó extracción de impurezas o venteado, secando en estufa a temperatura constante de 32 °C hasta obtener un 14 % de humedad (Amézquita, 2012).

El índice de pilado se obtiene tomando una porción de 100 g de arroz con cáscara, seco al 14 % de humedad, el cual se descascara y se pule en un molino de laboratorio. Posteriormente, se pesa el arroz blanco producto de pulir la muestra, que incluye el grano entero y partido, para determinar el porcentaje de rendimiento de pilada o rendimiento de molino. Luego, el grano que compone el rendimiento de molino, se separa en granos enteros y en granos partidos, empleando un tambor alveolar incluido en el molino de prueba (modelo Suzuki MT), cuyo tamaño es menor de 0,75 de la longitud promedio total del grano, para separar el grano partido del grano entero. El IP corresponde al porcentaje de granos de arroz blanco entero y superior a tres cuartos o 0,75 de la longitud total del grano descascarado y pulido expresado en porcentaje, mediante la siguiente ecuación (Amézquita, 2012).

$$\%IP = \frac{\text{Masa total en granos (granos enteros)} \times 100}{\text{Masa de arroz con cáscara seco y limpio en granos}}$$

2.12.2. Centro blanco.

El grano con centro blanco es aquel grano de arroz elaborado entero o partido de apariencia cristalina que presenta en su parte ventral una mancha blanca o almidonosa, inherente de la variedad, la cual no influye para su clasificación. Para su evaluación, se utiliza la metodología propuesta por CIAT, la cual inicia con una muestra de tres a cinco granos sobre una superficie oscura, los cuales se evalúan mediante escala, luego se determina el valor promedio de los granos evaluados, que representaron el grado de centro blanco de la muestra (ICONTEC, 2001).

2.12.3. Longitud y ancho del grano.

Se toma una muestra promedio de diez granos enteros, en los cuales se mide la longitud y el ancho de los mismos utilizando un calibrador digital (Amézquita, 2012).

2.13. Calidad molinera del grano de arroz.

El rendimiento en el molino se constituye en un importante carácter para el arroz comercial, debido a que el precio de los granos enteros es comúnmente el doble del precio que para los granos partidos (Amézquita, 2012).

Cuando las variedades tienen un alto porcentaje de salvado, se debe ajustar la etapa del pulido para llegar a la blancura deseada en el arroz. Casi siempre son las variedades de ciclo de corto las que originan un producto con característica más uniforme y de mayor calidad a la cocción (Piedra, 2010).

El proceso de pilado se define como la remoción de las capas externas del grano que facilita la penetración del agua y cocción. La susceptibilidad del arroz a la fisura durante la molienda depende de muchos factores, entre ellos: variedad, tipo de grano, presencia de granos yesosos y panza blanca, prácticas culturales aplicadas durante su cultivo, factores ambientales y el tipo de proceso industrial (Campos, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción de los sectores donde se obtuvieron las muestras de los genotipos cosechados.

Las muestras de las líneas de arroz y las variedades comerciales testigos, provinieron de dos sitios experimentales como se describen a continuación:

Las muestras de la localidad 1, provinieron del área del proyecto CEDEGE, del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, ubicada en las coordenadas geográficas 01°50'1.85" Latitud Sur y 79°26'47.26". Longitud oeste y una altitud de 8 msnm. El promedio anual de precipitación es de 1909 mm; 85% de humedad relativa; 590.9 horas de heliofanía y la temperatura máxima 30°C, temperatura mínima 21.9°C y la temperatura promedio de 24.7°C^{1/}.

Las muestras de la localidad 2, se obtuvieron del ensayo establecido en la propiedad del Ing. Agr. Heitel Lozano, ubicada en el recinto Las Marianitas, cantón Santa Lucía, provincia del Guayas, ubicada en las coordenadas geográficas 1°40'7.41" Latitud Sur y 79°58'57.324", longitud oeste a una latitud de 6 msnm. El promedio anual de precipitación es de 1552 mm; 83% de humedad relativa; 1399.9 horas de heliofanía y la temperatura máxima 31.4°C, temperatura mínima 20.6°C y la temperatura promedio de 26.2°C^{2/}.

3.2. Material genético de arroz.

En este estudio se utilizaron semillas de arroz F6 provenientes de la cosecha de 40 líneas avanzadas F5, derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*, incluyéndose también tres testigos comerciales, como son las variedades SFL-011, SFL-1480 y FLAR-ARENILLAS, como se mencionan en la tabla 1.

1/. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Babahoyo-Los Ríos. Anuario Meteorológico (Quito – Ecuador 2017).

2/. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Santa Lucía-Guayas. Anuario Meteorológico (Quito – Ecuador 2017).

3.3. Factores en estudio y tratamientos.

Los factores en estudio fueron analizar las características molineras de las 40 líneas avanzadas F5 de arroz (cosecha de semilla F6) y tres testigos comerciales (Factor A = 43 genotipos), sujetas a dos zonas de condiciones climáticas diferentes (Factor B = dos localidades).

3.4. Diseño experimental.

Para el análisis de las variables medidas en las muestras de arroz, se estableció bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 43 X 2 (A x B) con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia y la prueba de Tukey ($p > 0,05$), para determinar diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. Se hizo también una prueba de t para detectar diferencia estadística entre las localidades. Se realizó un análisis de conglomerados (Distancia Euclidiana-Ward). También fueron realizados gráficos de porcentaje acumulados expresadas en barras para observar el comportamiento de las líneas y cuadros con las medias de las variables para una mejor comprensión de los resultados del experimento. Estos análisis se realizaron utilizando el software estadístico InfoStat 2020e.

Tabla 1. Número de líneas avanzadas, origen asignado a cada línea de arroz.

Nº	Línea	Origen
1	Puyón/JP002 P8-30 P55-26	FACIAG-UTB
2	Puyón/JP002 P8-30 P55-28	FACIAG-UTB
3	Puyón/JP002 P8-30 P84-9	FACIAG-UTB
4	Puyón/JP002 P8-30 P26-2	FACIAG-UTB
5	Puyón/JP002 P8-30 P26-25	FACIAG-UTB
6	Puyón/JP002 P8-30 P68-8	FACIAG-UTB
7	Puyón/JP003 P11-10 P31-9	FACIAG-UTB
8	Puyón/JP003 P11-10 P31-17	FACIAG-UTB
9	Puyón/JP003 P11-10 P87-9	FACIAG-UTB
10	Puyón/JP003 P11-10 P40-9	FACIAG-UTB
11	Puyón/JP003 P11-10 P62-20	FACIAG-UTB
12	Puyón/JP003 P11-10 P62-31	FACIAG-UTB
13	Puyón/JP002 P8-28 P7-19	FACIAG-UTB
14	Puyón/JP002 P8-28 P81-4	FACIAG-UTB

15	Puyón/JP002 P8-28 P81-5	FACIAG-UTB
16	Puyón/JP002 P8-28 P93-5	FACIAG-UTB
17	Puyón/JP002 P8-28 P20-31	FACIAG-UTB
18	Puyón/JP002 P8-28 P16-16	FACIAG-UTB
19	Puyón/JP002 P8-20 P86-28	FACIAG-UTB
20	Puyón/JP002 P8-20 P98-5	FACIAG-UTB
21	Puyón/JP002 P8-20 P98-31	FACIAG-UTB
22	Puyón/JP002 P8-20 P57-3	FACIAG-UTB
23	Puyón/JP002 P8-20 P72-35	FACIAG-UTB
24	Puyón/JP002 P8-31 P42-1	FACIAG-UTB
25	Puyón/JP002 P8-31 P30-22	FACIAG-UTB
26	Puyón/JP002 P8-31 P42-13	FACIAG-UTB
27	Puyón/JP002 P8-31 P41-15	FACIAG-UTB
28	Puyón/JP002 P8-31 P30-25	FACIAG-UTB
29	Puyón/JP002 P8-31 P41-1	FACIAG-UTB
30	Puyón/JP002 P8-31 P7-3	FACIAG-UTB
31	Puyón/JP002 P8-32 P8-16	FACIAG-UTB
32	Puyón/JP002 P8-32 P87-11	FACIAG-UTB
33	Puyón/JP002 P8-32 P48-10	FACIAG-UTB
34	Puyón/JP002 P8-32 P1-16	FACIAG-UTB
35	Puyón/JP002 P8-32 P40-26	FACIAG-UTB
36	Puyón/JP002 P8-29 P71-8	FACIAG-UTB
37	Puyón/JP002 P8-29 P49-15	FACIAG-UTB
38	Puyón/JP002 P8-29 P32-27	FACIAG-UTB
39	Puyón/JP002 P8-29 P66-22	FACIAG-UTB
40	Puyón/JP002 P8-29 P66-23	FACIAG-UTB
41	SFL-011 (TESTIGO)	FLAR
42	SFL-1480 (TESTIGO)	FLAR
43	ARENILLAS (TESTIGO)	FLAR

3.5. Análisis de Varianza.

El análisis de varianza se desarrolló bajo el siguiente esquema:

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Repetición	: 2
Tratamientos	: 42
Error experimental	: 84
Total	: 128

3.6. Manejo de ensayo.

3.6.1. Cultivo de arroz 40 líneas F5 (semilla F6).

La Universidad Técnica de Babahoyo, a través del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, realizó un estudio sobre caracterización agronómica, utilizando 40 líneas avanzadas F5 de arroz, resultantes de los cruces de los genotipos Puyón x Japónica Figura 1, a). Los ensayos fueron ubicados en dos zonas arroceras como son los cantones Babahoyo y Santa Lucía. (Figura 1, b); al momento de la cosecha en cada bloque o parcela en la que se encontraban los tratamientos, se procedió a cosechar las plantas localizadas en los bordes de cada parcela/genotipo de los dos ensayos (Figura 1, c), después se recogieron los granos de arroz en una funda de papel (Figura 1, d), también se secaron las muestras en un tendal, hasta lograr una humedad de 11% a 12% (Figura 1, e), su porcentaje de humedad se tomó mediante un determinador de humedad (Figura 1, f). En esas condiciones, las muestras fueron trasladadas a la Piladora Arrolamh S.A, ubicada en el km 8 ½ vía Duran – Tambo, donde se encuentra el laboratorio análisis de calidad de grano de la empresa mencionada, quienes colaboraron en esta investigación (Figura 1, g).



Figura 1. Líneas seleccionadas (a), localidades (b), cosecha y chicoteo (c), recolección de granos luego del chicoteo (d), secado de muestras (e), medidor de humedad (f) y laboratorio de calidad de granos de la Piladora Arrolamh S.A (g).

3.7. Variables evaluadas.

3.7.1. Impurezas y grano limpio (g).

Se procedió a limpiar las muestras en un equipo marca Cártter day. Este proceso se realizó con 1000 gramos de muestra, pesados en una la balanza electrónica, como se muestra en la (Figura 2, a), se realizó lentamente con 2 pasadas de muestra en la máquina extractora de impurezas (Figura 2, b), donde se obtenía aproximadamente un 98% de granos limpios (Figura 2, c), luego se pesaron los granos limpios para con ese valor por diferencia calcular el peso de impurezas (Figura 2, d).



Figura 2. Peso de 1000 gramos de muestra (a), limpieza del equipo antes de proceder al uso (b), pasado de las muestras y colección de los granos limpios e impurezas (c), pesado de granos limpios (d).

3.7.2. Humedad (%).

La determinación de la humedad se realizó utilizando un equipo digital marca Seedburo, modelo 1200 (Figura 3, a). Se pesaron 200 gramos en la balanza electrónica (Figura 3, b), luego con esta cantidad se realizó el proceso de medición de la humedad, colocándose la muestra en el cilindro del medidor y se esperó 20 segundos de tiempo para que la humedad sea tomada correctamente (Figura 3, c).



Figura 3. Equipo detector de humedad (a), peso de 200 gramos de muestra limpia (b), muestra colocada en el cilindro y utilización de la máquina (c).

3.7.3. Peso de la Cáscara o Tamo (g).

Esta variable se obtuvo de la diferencia del grano limpio menos el grano descascarado (Figura 4).



Figura 4. Tamo obtenido del descascarado de las muestras.

3.7.4. Arroz integral (g).

Es el arroz descascarado, pero sin pulir. Se procedió a descascarar en una máquina de marca Yamamoto, modelo FC 2K de origen Japonés (Figura 5, a), el proceso se realizó lentamente para que el descascarado sea más eficiente (Figura 5, b) y finalmente obtener las muestras descascaradas (Figura 5, c).

El arroz integral se obtiene después de descascarar el arroz paddy, aplicándose la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de Arroz Integral} = \text{Peso inicial (Paddy)} - \text{Peso de cáscara}$$



Figura 5. Máquina de descascarar (a), proceso de descascarado (b) y obtención de muestras descascaradas (c).

3.7.5. Polvillo (g).

Es el resultado de restar el peso del arroz integral menos el peso de la masa blanca, que se obtiene con el pulimento del arroz integral (Figura 6); se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Peso de Polvillo} = \text{Peso arroz integral} - \text{Peso de masa blanca (arroz pulido)}$$



Figura 6. Polvillo obtenido del pulimento del arroz integral.

3.7.6. Masa blanca (g).

El arroz integral se colocó en una mini pulidora de motor marca Dayton, modelo 2N9911 (Figura 7, a). La capacidad de muestra mínima es de 700 gramos y capacidad máxima de 800 gramos (Figura 7, b), se colocó la muestra en un cilindro (Figura 7, c), para presionar los granos y realizar eficientemente el pulido, se utilizó una palanca con dos pesas. Se realizaba 2 veces el trabajo, 1 vez con las 2 pesas y la segunda pasada era con una pesa, el tiempo que duraba era aproximadamente 20 segundos por pasada (Figura 7, d), después se procedió a pulir el componente integral donde, se obtuvo la masa blanca, que corresponde a los granos enteros y quebrados que salen de la máquina, esto constituyó el rendimiento de pilada (Figura 7, e); se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Peso de Masa Blanca} = \text{Peso inicial (Arroz integral)} - \text{Peso de polvillo}$$



Figura 7. Marca del motor de la pulidora (a), pulidora de capacidad máxima de 800 g (b), colocación de muestra (c), pesas que se ubicaba en la palanca encima del cilindro (d), muestras pulidas (e).

3.7.7. Granos quebrados (g).

Para separar los granos enteros y quebrados, se procedió a utilizar un cilindro clasificador de marca Serintu (Figura 8, a), dentro de este cilindro se colocaron 100 gramos de masa blanca, estos fueron pesados en una balanza digital (Figura 8, b), con dicho peso se trabajó en todas las muestras; luego se ubicaron los granos dentro del cilindro y el tiempo que duró para separar fue de aproximadamente 4 minutos (Figura 8, c). Esta variable se obtuvo mediante la diferencia de 100 gramos de masa blanca menos el peso del grano entero (Figura 8, d).



Figura 8. Cilindro clasificador (a), peso de 100 gramos en la balanza digital (b), ubicación de granos en el cilindro (c), arroz quebrado o arrocillo colectado en la muestra de 100 g (d).

3.7.8. Granos Flor (g).

Este peso se obtuvo por diferencia entre masa blanca menos granos quebrados, obteniendo el peso con una balanza digital (Figura 9).

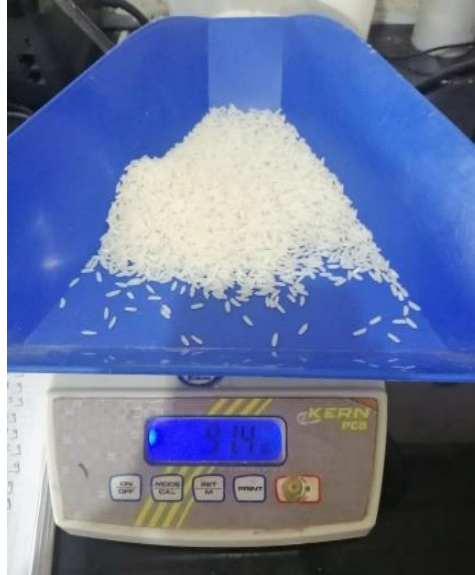


Figura 9. Peso de granos enteros en la balanza digital.

IV. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza realizado con las variables de Humedad (%), Arroz Paddy (g), Impurezas (g), Granos limpios (g), Tamo (g), Arroz Integral (g), Masa blanca (g), Polvillo (g), Quebrados (g) y Arroz flor (g), arrojaron que fueron no significativas entre las líneas de cada localidad.

El resultado de la prueba de Tukey ($p > 0,05$), presentó que no hubo diferencia entre los cultivares analizados, e igualmente, cuando se realizó la prueba de t para el parámetro de mayor importancia como lo es el arroz flor, los valores no presentaron diferencia estadística entre las localidades (0.075 NS).

En la tabla 3, se observa los valores de las medias obtenidas en las localidades 1 (L1) y 2 (L2), en cada una de las variables evaluadas.

Pese a que no se han observado diferencias estadísticas, la elaboración de gráficas ha permitido observar diferencias cuantitativas entre las 40 líneas avanzadas F6 y los cultivares comerciales utilizados en este estudio como testigos e igualmente entre las localidades.

En la Figura 10 se observan los porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor en la localidad de Babahoyo. Obsérvese en la Figura que existen 43 genotipos, 40 son las líneas avanzadas F6 y en la parte última de ésta se observan los valores de las tres variedades comerciales incluidas en este estudio. La parte superior de las barras en azul, representan la cantidad de arroz flor que produjeron los genotipos. Nótese que se ha colocado una línea horizontal que atraviesa todas las barras. Esta línea se traza tomando como referencia del inicio de la barra que representa el arroz flor del genotipo 41 (variedad testigo SFL011), que en este caso ha producido la mayor cantidad de grano flor entre las tres variedades testigos.

Cuantitativamente se puede observar que existen 27 líneas avanzadas F6 que producen igual o mayor cantidad de arroz flor que los testigos comerciales;

sin embargo, se destacan las líneas 3 (65%), 12 (64.5%), 26 (64.9%), 28 (64.8%), 33 (64.5%) y 36 (64.5), comparados con el valor del mejor testigo que alcanzó un porcentaje de grano flor de 62.0%, cuyos valores se observan marcados en la Figura 10.

En la Figura 11, se observan los porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor, obtenidos en la localidad de Santa Lucía. Igualmente, se observó que existen 14 líneas avanzadas F6 que tienen igual o mejor comportamiento que los testigos comerciales, destacándose la línea 4 con un porcentaje de 64.1% de grano flor, comparado con el mejor testigo comercial que resultó en esta localidad, siendo ésta la variedad Arenillas, en la que se obtuvo un 62% de grano flor.

Cabe destacar que, en las dos localidades las líneas avanzadas F6 que presentaron mayores cantidades de grano flor, también presentaron menores porcentajes de granos quebrados.

En la Figura 12 se observan los porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor promediadas para las dos localidades, con la finalidad de comparar los promedios de las 40 líneas avanzadas F6 y los promedios de las tres variedades comerciales de arroz. Nótese que de manera general estos promedios reflejan valores superiores de estas variables en las líneas avanzadas F6 comparadas con las variedades comerciales de arroz.

En las Figuras 13 y 14, se observan a manera de pasteles las líneas destacadas comparadas el testigo de mejor producción, en las localidades de Babahoyo y Santa Lucía.

Tabla 3. Valores de las medias obtenidas en 43 genotipos y en las dos localidades estudiadas (L1 = Babahoyo) y (L2 = Santa Lucía).

Líneas	Paddy (g)	Humedad %		Grano limpio (g)		Impurezas (g)		Tamo (g)		Integral (g)		Masa blanca (g)		Polvillo (g)		Quebrado (g)		Flor (g)	
		L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
1	1000	11.2	10.9	985.7	987.1	14.3	12.9	208.3	202.0	777.3	785.1	678.9	687.6	98.4	97.5	67.1	75.3	611.8	612.3
2	1000	11.3	11.0	986.6	977.6	13.4	22.4	203.2	205.8	783.4	771.8	688.1	679.0	95.3	92.8	81.3	95.8	606.8	583.1
3	1000	11.2	11.1	986.2	980.3	13.8	19.7	201.9	201.6	784.3	778.7	697.6	682.3	86.6	96.4	45.7	68.9	651.9	613.4
4	1000	11.1	11.2	982.0	980.9	18.0	19.1	209.9	205.6	772.2	775.3	685.0	692.3	87.2	83.0	77.5	51.5	607.5	640.8
5	1000	11.1	10.7	975.7	985.2	24.3	14.8	206.6	193.0	769.1	792.2	678.1	689.9	91.0	102.3	51.1	77.7	627.0	612.3
6	1000	11.1	10.9	979.7	981.3	20.3	18.7	202.6	192.7	777.1	788.6	689.8	682.7	87.3	105.9	63.1	80.8	626.8	601.9
7	1000	11.5	11.3	980.5	986.2	19.5	13.8	198.4	201.3	782.1	784.9	693.1	696.9	89.0	88.0	67.9	64.5	625.2	632.4
8	1000	11.4	11.2	982.6	985.2	17.4	14.8	203.9	200.8	778.8	784.3	691.0	694.0	87.8	90.4	84.8	65.6	606.2	628.4
9	1000	11.2	10.7	984.9	986.8	15.1	13.2	207.1	193.0	777.8	793.8	682.9	693.8	94.8	100.0	63.2	94.7	619.7	599.1
10	1000	11.2	11.0	986.5	985.4	13.5	14.6	204.5	202.8	781.9	782.6	693.5	686.7	88.5	95.9	68.9	80.2	624.6	606.5
11	1000	11.2	10.9	981.7	985.2	18.3	14.8	203.9	193.3	777.9	791.9	692.5	692.3	85.4	99.6	70.9	83.1	621.6	609.2
12	1000	11.3	11.0	978.4	982.6	21.6	17.4	214.0	191.4	764.4	791.2	692.8	689.4	71.6	101.8	48.2	90.8	644.5	598.6
13	1000	11.2	10.7	977.6	980.8	22.4	19.2	206.4	194.6	771.2	786.2	674.5	687.7	96.7	98.5	82.3	83.5	592.2	604.2
14	1000	11.1	11.0	981.1	984.3	18.9	15.7	204.1	199.0	777.0	785.3	692.5	689.2	84.6	96.1	63.5	94.0	629.0	595.2
15	1000	11.2	10.9	976.9	982.3	23.1	17.7	203.4	199.0	773.5	783.3	678.9	687.7	94.7	95.6	74.3	82.6	604.6	605.0
16	1000	11.0	11.1	979.1	982.8	20.9	17.2	204.6	200.8	774.6	782.0	678.4	689.6	96.1	92.4	77.1	61.9	601.4	627.7
17	1000	11.2	11.1	983.1	983.5	16.9	16.5	200.2	202.0	782.9	781.4	693.3	695.7	89.6	85.7	57.1	74.3	636.2	621.4
18	1000	11.1	11.4	987.8	975.1	12.2	24.9	198.3	213.4	789.4	761.7	698.0	667.5	91.4	94.2	72.9	62.5	625.2	605.0
19	1000	11.2	11.2	975.5	983.8	24.5	16.2	209.6	206.8	765.9	777.0	663.5	689.9	102.4	87.1	72.6	64.9	591.0	625.0
20	1000	11.1	11.2	989.5	985.9	10.5	14.1	207.0	195.0	782.5	790.8	690.0	694.4	92.5	96.4	58.9	70.6	631.1	623.8
21	1000	11.3	11.3	984.6	981.8	15.4	18.2	206.9	207.6	777.8	774.2	677.1	682.3	100.7	91.9	63.1	79.2	614.0	603.1
22	1000	11.3	10.8	985.2	985.3	14.8	14.7	203.4	193.7	781.8	791.6	690.7	683.2	91.2	108.3	64.5	97.6	626.2	585.6
23	1000	11.2	11.0	982.3	981.4	17.7	18.6	218.2	202.2	764.1	779.2	663.4	693.4	100.8	85.8	62.6	61.3	600.8	632.2
24	1000	11.2	11.3	981.9	982.4	18.1	17.6	208.0	204.7	773.9	777.7	682.4	681.4	91.4	96.3	73.4	84.0	609.0	597.4
25	1000	11.0	11.0	983.9	984.2	16.1	15.8	206.2	197.2	777.6	787.0	682.8	696.9	94.8	90.1	73.4	62.4	609.5	634.5
26	1000	11.2	10.9	985.0	986.7	15.0	13.3	203.4	194.4	781.6	792.3	694.5	694.8	87.1	97.4	45.4	75.2	649.2	619.6
27	1000	11.3	11.2	983.7	983.4	16.3	16.6	196.6	200.8	787.0	782.5	690.2	689.3	96.9	93.3	69.4	61.8	620.8	627.5
28	1000	11.2	11.2	983.8	984.1	16.2	15.9	201.6	201.9	782.2	782.2	690.5	690.9	91.8	91.3	42.6	78.2	647.9	612.7
29	1000	11.1	11.2	984.2	986.9	15.8	13.1	203.7	202.6	780.5	784.3	688.2	692.2	92.3	92.1	95.3	71.1	592.9	621.1
30	1000	11.1	11.0	983.2	980.5	16.8	19.5	208.8	200.7	774.4	779.8	681.7	687.0	92.7	92.8	63.0	71.8	618.7	615.2
31	1000	11.1	11.2	981.9	984.7	18.1	15.3	201.0	206.9	780.9	777.8	686.6	686.2	94.2	91.6	54.2	71.7	632.4	614.5
32	1000	11.2	11.1	981.9	980.2	18.1	19.8	207.3	200.0	774.5	780.2	679.5	691.8	95.1	88.3	80.1	69.1	599.3	622.7
33	1000	11.3	11.2	988.8	984.3	11.2	15.7	203.0	200.8	785.8	783.5	698.4	697.8	87.4	85.7	53.8	64.5	644.6	633.3
34	1000	11.1	11.0	984.2	985.0	15.8	15.0	199.9	190.1	784.4	794.9	686.7	684.2	97.7	110.7	67.1	98.4	619.6	585.8
35	1000	11.4	10.9	984.8	982.4	15.2	17.6	197.0	196.6	787.8	785.8	705.9	694.0	81.9	91.8	68.3	73.3	637.6	620.7
36	1000	11.3	10.8	987.9	980.7	12.1	19.3	210.9	195.6	777.0	785.1	693.7	683.3	83.3	101.8	48.6	93.0	645.1	590.3
37	1000	11.2	11.3	980.9	976.7	19.1	23.3	206.0	203.4	774.9	773.2	677.0	689.3	97.9	83.9	102.7	74.8	574.3	614.5
38	1000	11.0	10.9	981.2	984.6	18.8	15.4	208.6	204.2	772.6	780.4	683.4	685.9	89.2	94.6	53.2	96.2	630.1	589.7
39	1000	11.2	10.9	986.1	980.2	13.9	19.8	203.8	191.7	782.3	788.5	690.7	688.9	91.6	99.5	57.3	86.2	633.4	602.7
40	1000	10.9	11.0	985.2	985.9	14.8	14.1	200.1	193.9	785.1	792.0	699.1	682.7	86.0	109.3	68.1	110.5	631.0	572.2
41 (Testigo)	1000	11.1	11.1	983.6	977.3	16.4	22.7	210.4	202.2	773.2	775.1	681.4	676.4	91.8	98.7	60.9	88.2	620.5	588.3
42 (Testigo)	1000	11.1	11.1	983.7	974.4	16.3	25.6	203.8	197.6	779.9	776.8	681.7	672.4	98.2	104.4	87.2	82.4	594.5	590.0
43 (Testigo)	1000	11.1	11.5	977.6	978.4	22.4	21.6	206.5	200.6	771.2	777.9	669.3	690.5	101.9	87.4	98.6	70.0	570.7	620.4
Media	1000	11.2	11.0	983.0	982.6	17.0	17.4	205.0	199.6	778.0	783.0	686.2	688.0	91.8	95.0	67.5	77.8	618.7	610.2

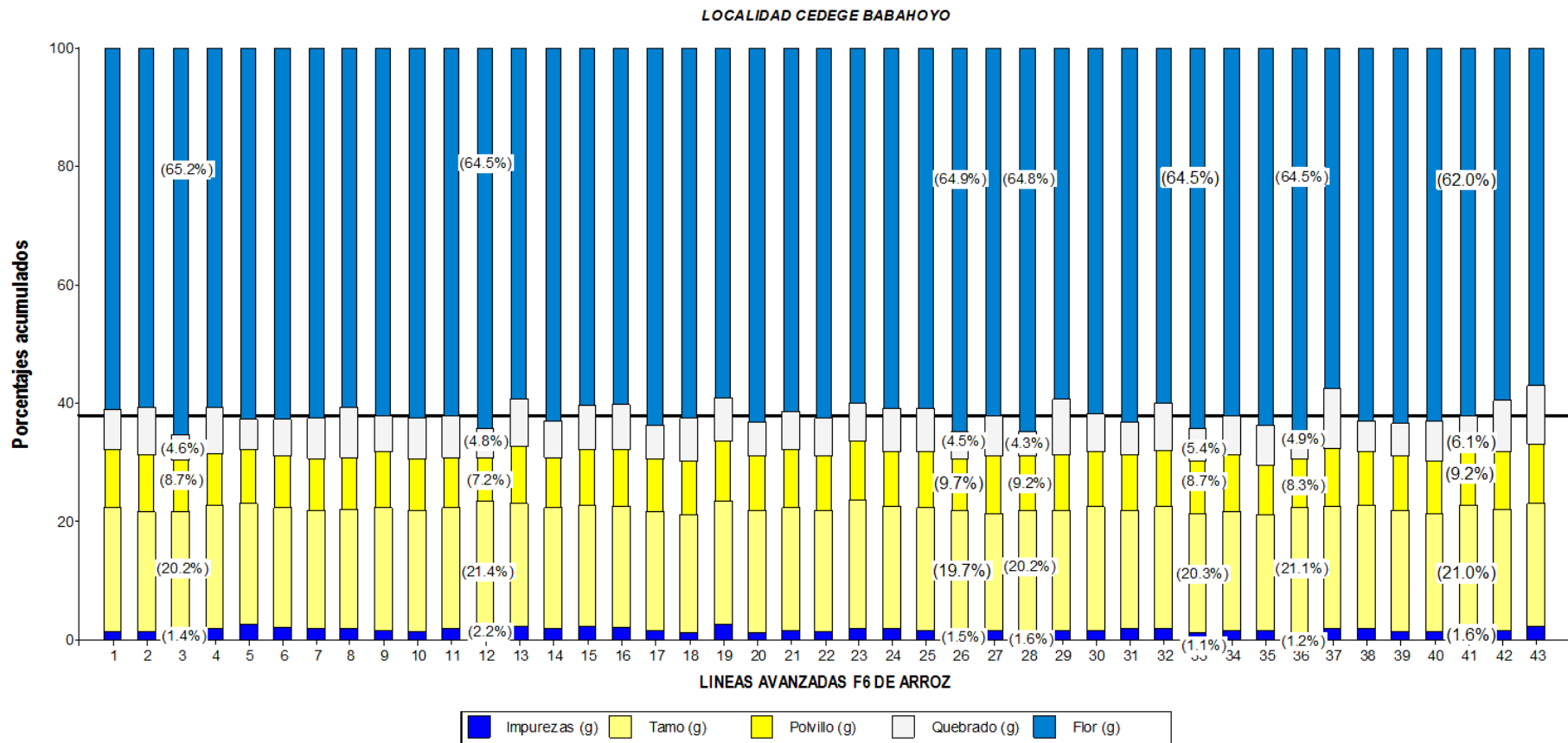


Figura 10. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor de 40 las líneas avanzadas F6 y tres variedades comerciales de arroz en la localidad de Babahoyo, Los Ríos - Ecuador.

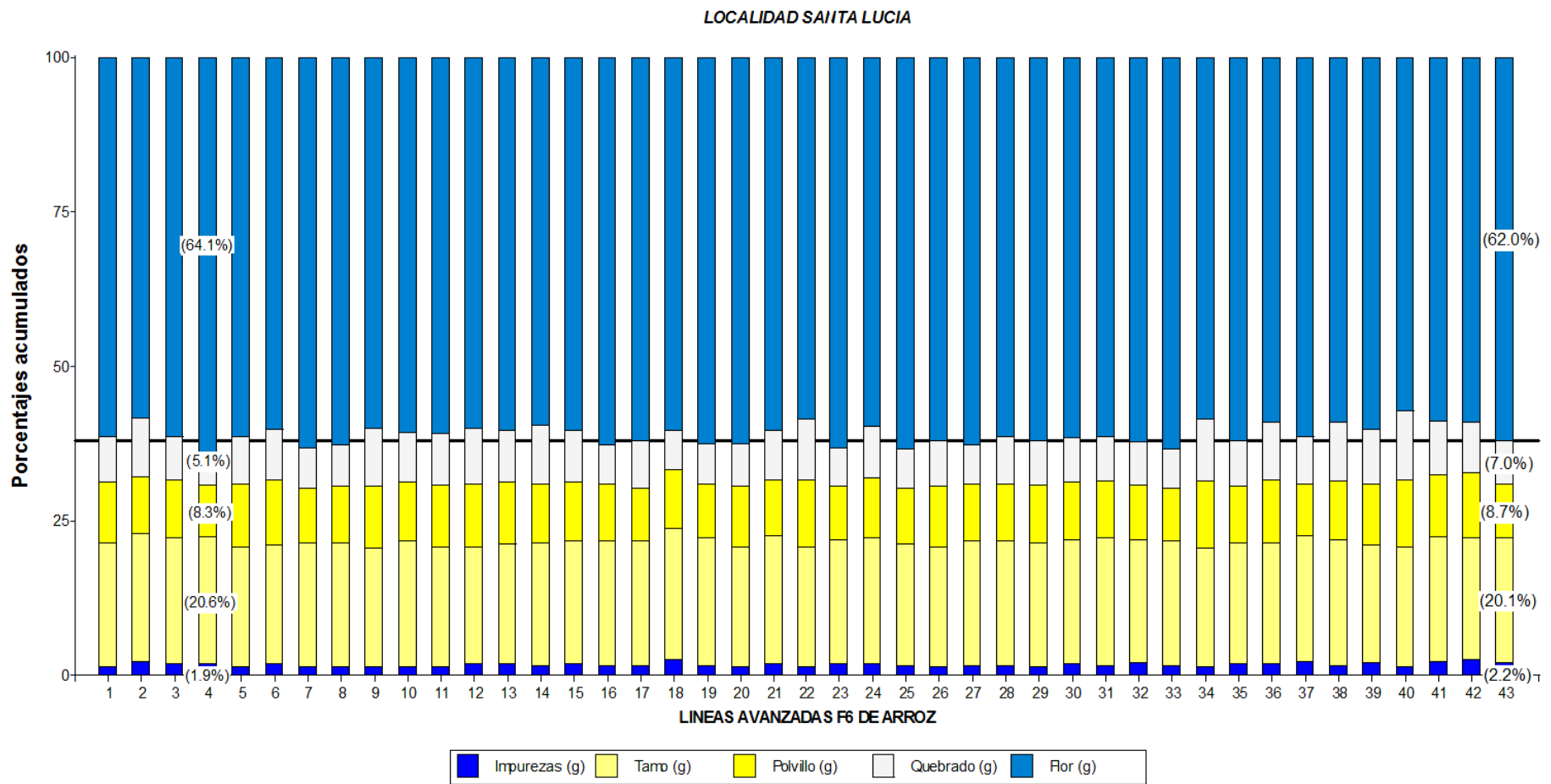


Figura 11. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor de 40 las líneas avanzadas F6 y tres variedades comerciales de arroz en la localidad de Santa Lucía, Guayas - Ecuador.

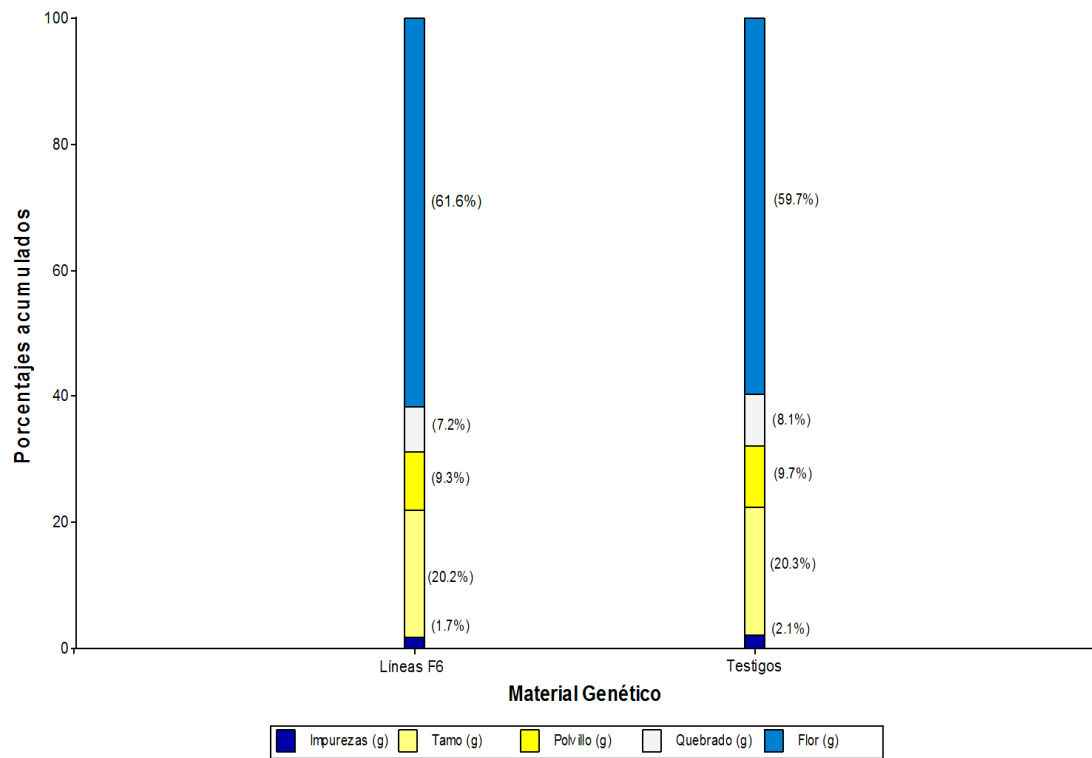


Figura 12. Porcentajes acumulados de las variables: Impurezas, Tamo, Polvillo, Quebrados y Arroz flor promediadas para las dos localidades, comparando los promedios de las 40 líneas avanzadas F6 y los promedios de las tres variedades comerciales de arroz.

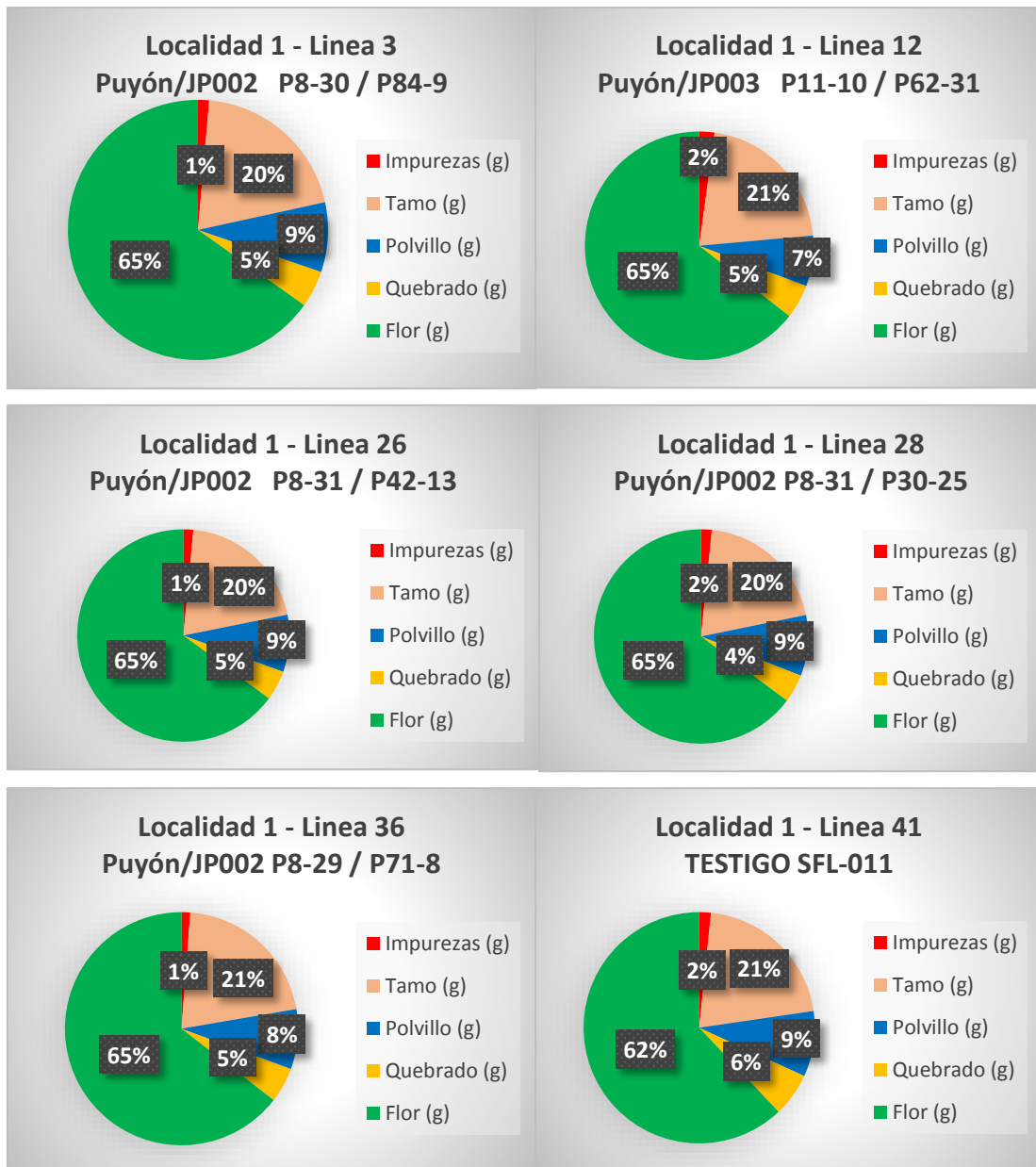


Figura 13. Representación a manera de pasteles de las líneas avanzadas F6 de arroz, destacadas comparadas con el testigo de mejor producción, en la localidad de Babahoyo.

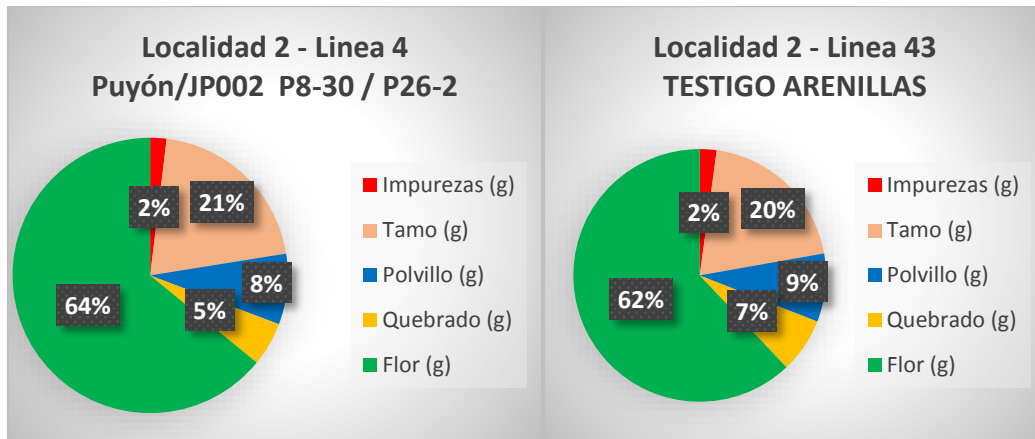


Figura 14. Representación a manera de pasteles de las líneas avanzadas F6 de arroz, destacadas comparadas con el testigo de mejor producción, en la localidad de Santa Lucía.

El análisis de la distancia euclidiana, resultó con una correlación cofenética = 0.663, variables estandarizadas, casos leídos 258 y casos omitidos 0. En la Figura 15 se observa que, las líneas de arroz estudiadas se conformaron en cuatro grupos, que presentan similitudes entre ellas:

Grupo 1, se encuentran 4 líneas, esto representa al 9,3 % de las líneas estudiadas (43 en total, incluyendo los testigos), las líneas avanzadas son las mencionadas a continuación: línea 34: Puyón/JP002 P8-32 / P1-16; línea 40: Puyón/JP002 P8-29 / P66-23; línea 22: Puyón/JP002 P8-20 / P57-3; línea 9: Puyón/JP003 P11-10 / P87-9; las cuales su origen es FACIAG-UTB.

Grupo 2, conformado en el análisis euclidiano, se observa que existen 6 líneas que representan el 13,96% de las líneas; y expresan similitudes entre ellas. Las líneas que componen este grupo, se mencionan a continuación: línea 15: Puyón/JP002 P8-28 / P81-5; línea 13: Puyón/JP002 P8-28 / P7-19; línea 37: Puyón/JP002 P8-29 / P49-15; línea 2: Puyón/JP002 P8-30 / P55-28, su origen es FACIAG-UTB, cabe mencionar que dentro de este grupo encontramos 2 testigos comerciales: Línea 42: SFL-1480; Línea 43: ARENILLAS, siendo su origen el FLAR.

Grupo 3, dentro de este grupo encontramos 9 líneas que representan el 20,93%; estas expresan similitudes entre ellas, estas líneas son: línea 12: Puyón/JP003 P11-10 / P62-31; línea 4: Puyón/JP002 P8-30 / P26-2; línea 33: Puyón/JP002 P8-32 / P48-10; línea 35: Puyón/JP002 P8-32 / P40-26; línea 17: Puyón/JP002 P8-28 / P20-31; línea 7: Puyón/JP003 P11-10 / P31-9; línea 26: Puyón/JP002 P8-31 / P42-13; línea 28: Puyón/JP002 P8-31 / P30-25; línea 3: Puyón/JP002 P8-30 / P84-9, siendo su origen FACIAG-UTB.

Grupo 4, dentro de este grupo encontramos el mayor número de líneas, siendo 24 en total, representando el 55,81% de las líneas avanzadas y estas se mencionan a continuación: línea 23: Puyón/JP002 P8-20 / P72-35; línea 38: Puyón/JP002 P8-29 / P32-27; línea 24: Puyón/JP002 P8-31 / P42-1; línea 21: Puyón/JP002 P8-20 / P98-31; línea 19: Puyón/JP002 P8-20 / P86-28; línea 31: Puyón/JP002 P8-32 / P8-16; línea 36: Puyón/JP002 P8-29 / P71-8; línea 25: Puyón/JP002 P8-31 / P30-22; línea 32: Puyón/JP002 P8-32 / P87-11; línea 30: Puyón/JP002 P8-31 / P7-3; línea 18: Puyón/JP002 P8-28 / P16-16; línea 16: Puyón/JP002 P8-28 / P93-5; línea 29: Puyón/JP002 P8-31 / P41-1; línea 10: Puyón/JP003 P11-10 / P40-9; línea 11: Puyón/JP003 P11-10 / P62-20; línea 14: Puyón/JP002 P8-28 / P81-4; línea 8: Puyón/JP003 P11-10 / P31-17; línea 39: Puyón/JP002 P8-29 / P66-22; línea 27: Puyón/JP002 P8-31 / P41-15; línea 6: Puyón/JP002 P8-30 / P68-8; línea 5: Puyón/JP002 P8-30 / P26-25; línea 20: Puyón/JP002 P8-20 / P98-5; línea 1: Puyón/JP002 P8-30 / P55-26, su origen es FACIAG-UTB; dentro de este grupo se tiene la presencia de otro testigo comercial; línea 41: SFL-011, siendo su origen FLAR.

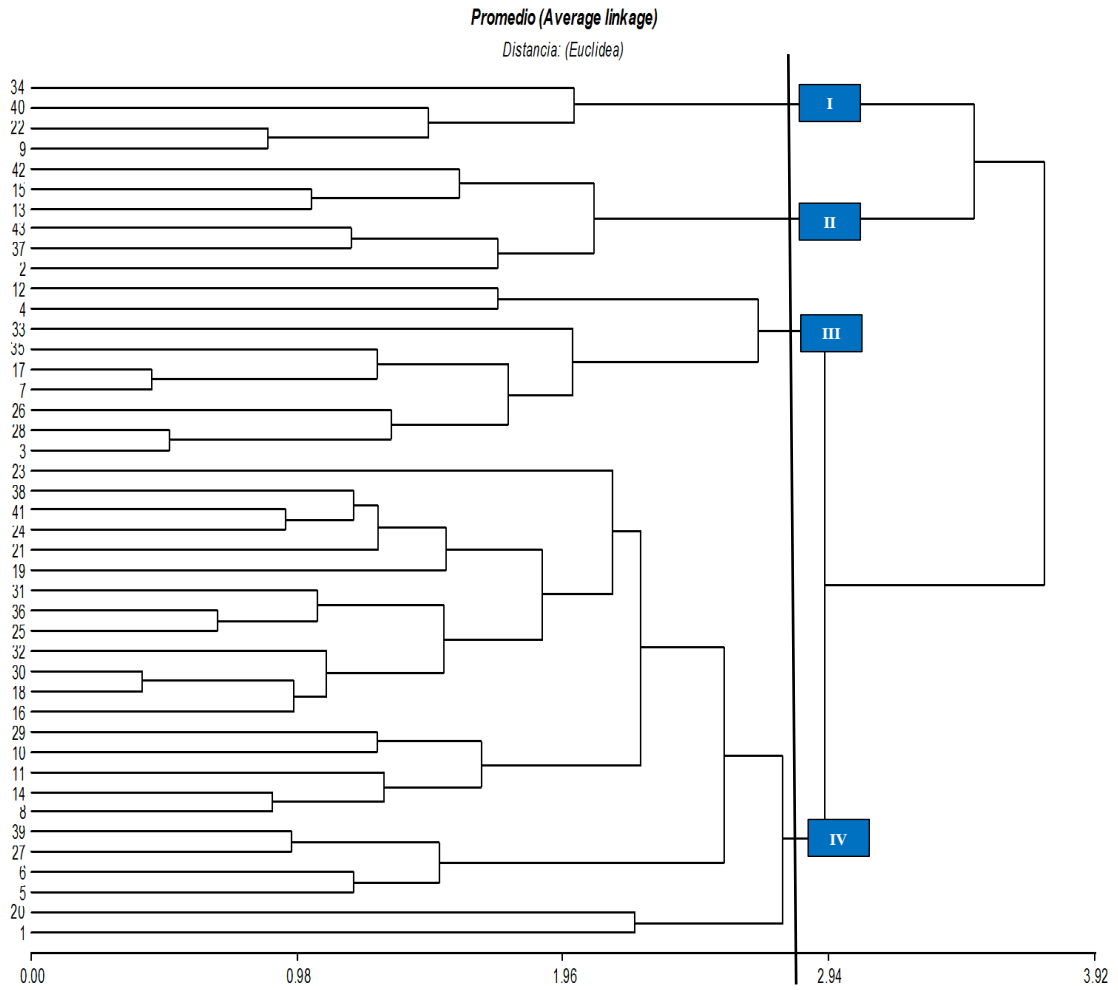


Figura 15. Análisis de la distancia euclídeana, en líneas de arroz conformadas en cuatro grupos, que presentan similitudes entre ellas.

V. DISCUSIÓN

Es importante mencionar que los resultados obtenidos con las líneas avanzadas F6 de arroz que provienen del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de la Universidad Técnica de Babahoyo, son alentadores ya que se han observado líneas que han superado las variedades comerciales. Las líneas 3, 12, 26, 28, 33, y 36 se destacaron con valores de 65.2, 64.5, 64.9, 64.8, 64.5 y 64.55, respectivamente, comparados con el valor del mejor testigo que alcanzó un porcentaje de grano flor de 62.0%. Estas mismas líneas expresaron menores porcentajes de grano quebrado. Estos resultados superan a los valores que menciona Mamani (2013), donde expresa que del arroz cosechado, aproximadamente 20 % es cáscara, y 10 % es salvado o polvillo, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido, respectivamente. El resto (70 %) está formado por granos de arroz blanco o pulido, entero y partido o quebrado. El molino elimina en primera instancia, la cáscara, luego el salvado constituido por el embrión, aleurona, tegumento y pericarpio, quedando finalmente el grano pulido del cual el 55 – 60 % es grano entero y el resto es quebrado. El trabajo abrasivo del molino durante el proceso de pulido trae consigo un grado de grano quebrado, que depende fundamentalmente de la biometría del grano y de las condiciones climáticas durante el período de llenado del mismo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza realizado con las variables evaluadas en este estudio, ninguna expresó significancia estadística entre las líneas y entre localidades. El resultado de la prueba de Tukey ($p > 0,05$), presentó que no hubo diferencia entre los cultivares analizados, e igualmente cuando se realizó la prueba de t para el parámetro arroz flor, los valores no presentaron diferencia estadística entre las localidades (0.075 NS).

Se interpreta que, a partir de resultados estadísticos, que las líneas avanzadas F6 de arroz que se han obtenido hasta el momento, son estadísticamente igual a las variedades comerciales en términos de calidad molinera.

Existen 28 líneas avanzadas F6 que cuantitativamente producen igual o mayor cantidad de arroz flor que los testigos comerciales, expresadas en las dos localidades estudiadas; sin embargo, 7 líneas (6 en Babahoyo y 1 en Santa Lucía), se observaron con mejores porcentajes de grano flor.

El análisis de conglomerados, determinó que en el grupo 3 se encuentran la mayoría de las 7 líneas avanzadas F6 de mejor porcentaje de grano flor, aunque este análisis considera durante el proceso de agrupamiento, todas las variables que se incluyeron en el análisis.

Recomendaciones

Establecer nuevos estudios de calidad molinera en las 7 líneas observadas de mejor porcentaje de grano flor.

Llevar a cabo otros estudios en otras zonas arroceras del Ecuador para observar su comportamiento relacionado a la calidad de grano.

VII. RESUMEN

Con la finalidad de determinar las propiedades molineras de 40 líneas avanzadas (semillas F6) de arroz, derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica para potenciar su uso a nivel comercial, se procesaron muestras de las líneas de arroz y las variedades comerciales testigos, que provinieron de dos sitios experimentales. Las muestras de la localidad 1, provinieron del área del proyecto CEDEGE, del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos y las muestras de la localidad 2, se obtuvieron del cantón Santa Lucía, provincia del Guayas.

Se evaluaron las variables de Humedad (%), Arroz Paddy (g), Impurezas (g), Granos limpios (g), Tamo (g), Arroz Integral (g), Masa blanca (g), Polvillo (g), Quebrados (g) y Arroz flor (g). De acuerdo con los resultados del análisis de varianza realizado con las variables evaluadas en este estudio, ninguna expresó significancia estadística entre las líneas y entre localidades. El resultado de la prueba de Tukey ($p > 0,05$), presentó que no hubo diferencia entre los cultivares analizados, e igualmente cuando se realizó la prueba de t para el parámetro arroz flor, los valores no presentaron diferencia estadística entre las localidades (0.075 NS).

Se interpreta que, a partir de resultados estadísticos, que las líneas avanzadas F6 de arroz que se han obtenido hasta el momento, son estadísticamente igual a las variedades comerciales en términos de calidad molinera. Existen 28 líneas avanzadas F6 que cuantitativamente producen igual o mayor cantidad de arroz flor que los testigos comerciales, expresadas en las dos localidades estudiadas; sin embargo, 7 líneas (6 en Babahoyo y 1 en Santa Lucía), se observaron con mejores porcentajes de grano flor.

Palabras claves: Arroz, Líneas avanzadas F6, *Oryza rufipogon* G., *Oryza sativa* L. ssp. *japónica*. Calidad molinera, Arroz Flor.

VIII. SUMMARY

In order to determine the milling properties of 40 advanced lines (F6 seeds) of rice, derived from interspecific crosses between *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* to enhance its commercial use, samples of rice lines and commercial varieties were processed, which came from two experimental sites. Samples from locality 1 came from the CEDEGE project area of the Babahoyo canton, Los Ríos province and samples from the locality 2 were obtained from the canton Santa Lucia, Guayas province.

The variables of Humidity (%), Paddy Rice (g), Impurities (g), Clean Grains (g), Husk rice (g), Integral Rice (g), White Mass (g), Powder rice (g), Broken grain (g) and Flower Rice (g) were evaluated. Based on the results of the variance analysis performed with the variables evaluated in this study, none expressed statistical significance between the lines and between localities. The result of the Tukey test ($p > 0.05$), showed that there was no difference between the cultivars analyzed, and also when the *t* test was performed for the flower rice parameter, the values did not present statistical difference between the localities (0.075 NS).

It is interpreted that, from statistical results, that the advanced F6 lines of rice that have been obtained so far, are statistically equal to commercial varieties in terms of milling quality. There are 28 advanced F6 lines that quantitatively produce equal or greater amount of flower rice than commercial witnesses, expressed in the two locations studied; however, 7 lines (6 in Babahoyo and 1 in St. Lucia), were observed with better percentages of flower grain.

Keywords: Rice, Advanced lines F6, *Oryza rufipogon* G., *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*. Milling Quality, Flower Rice.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita, NF. 2012. Estimación de parámetros genéticos para rendimiento y calidad de grano en una población de líneas recombinantes endogámicas de arroz (*Oryza sativa* L.) a través de varios ambientes. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Posgrados, Colombia. (en línea). 10-20. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149505009>.
- Caicedo, Y. 2008. Evaluación de Características Agronómicas de Cuatro Líneas Interespecificas de Arroz (*Oryza Sativa/Oryza Latifolia*) comparadas con dos Variedades Comerciales y una Nativa . s.l., s.e. 15-16 p.
- Campos, S. 2015. Aplicacion del control estadístico de la calidad en el proceso de pulido del arroz y la incidencia en su rendimiento en la empresa AGRICORP. s.l., s.e. 30-32 p.
- Castro, M. 2017. Rendimiento de arroz en cáscara, primer cuatrimestre 2017. MAGAP, 10.
- Celi, R. 2007. Obtención variedades de arroz en Ecuador. INIAP, Boliche, Guayaquil. (en línea). :10-20. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/programa-1/>.
- CIAT. 2009. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Colombia: Tercera edición.
- EUFIC. 1999. El aporte adicional en hierro y vitamina A del arroz genéticamente modificado. (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2020. Disponible en <https://www.eufic.org/en/article/es/nutricion/vitaminas-minerales-fitonutrientes/artid/hierro-vitamina-a-arroz-geneticamente-modificado/>.
- FAO. 2018. Seguimiento del mercado del arroz de la FAO (en línea). s.l., s.e. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en www.fao.org/economic/RMM/es.
- Franquet, J. 2002. Economía del arroz: variedades y mejora. Generalidades sobre el arroz y su cultivo. (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2020. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>.

- ICONTEC. 2001. Arroz elaborado blanco para consumo. Norma técnica colombiana, Bogotá. s.l., s.e.
- Ideas, E. D. 2005. Arroz en su punto 2005. 22.
- InfoAgro. 2008. Agricultura. El cultivo del arroz. 1ª parte. (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2020. Disponible en <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
- Mamani, C. 2013. Fertilización nitrogenada: efecto del momento de aplicación sobre el rendimiento y la calidad en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de alto contenido protéico. s.l., s.e.
- Mieles, G. 2016. Diseño de un procesador para harina de arroz. s.l., s.e. 10-11 p.
- Navas, F; Delgado, L. 2010. Evaluación de calidad de arroz. SAG, Instituto Nacional de Investigación Agrícolas, México. 19. s.l., Miranda.
- Ormaza, FD. 2011. Panorama Nacional. Departamento Arroz Ecuauímica 2011 (en línea, sitio web). Consultado 25 ene. 2020. Disponible en http://www.ecuaquimica.com/info_tecnica_arroz.pdf.
- Ortiz, A; Ojeda, M. 2006. Evaluación de la calidad molinera y dimensiones de los granos de dos variedades de arroz y sus varietales de arroz maleza (en línea). :09-03. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000300003.
- Ospina, JE; Aldana, HM. 2010. Enciclopedia Agropecuaria producción agrícola 2. s.l., Terranova. 15-18 p.
- Pàmies, CB; Bernis, JMF. 2004. Variedades y mejora del arroz : (*Oryza sativa* L.). Universitat Internacional de Catalunya, Campus de l''Ebre, Tortosa, 2004. s.l., s.e. p. 100-110.
- Piedra, S. 2010. Mejoramiento del control de la etapa de pulido mediante el análisis de regresión de las variables que inciden en el proceso de pilado del arroz. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería

en Mecánica y Ciencia de la Producción , Guayaquil. s.l., s.e. 25-30 p.

Ramos, C. A. 2013. Evaluación de tres formulaciones químicas comerciales de fungicidas sobre la germinación de semilla, el crecimiento de plántulas y capacidad de establecimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en la zona de cañas, guanacaste, costa rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 65.

SAG. 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz. Secretaria de Agricultura y Ganadería. s.l., s.e.

Shao, G. 2004. Mapping of qGL7- 2, a grain length QTL on chromosome 7 of rice. *Journal of genetic and genomics*. Colombia. *Genetics* 168(4):2187-2195. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.104.034165>.

Valencia, C. 2004. Evaluación de calidad de arroz. Biblioteca Agropecuaria de Colombia, Colombia. s.l., s.e.

Villar, P. 2011. Descripción botánica del cultivo de arroz. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria Colombia. (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2020. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/ARROZ+CULTIVOS.pdf>.

Vásquez, O. G., & González, N. D. 2014. Producción de semillas de arroz con alta calidad, obtenidas en Pinar del Rio. *Revista Científica Avances*, 12.

Varon, N. F. 2012. Estimación de parámetros genéticos para rendimiento y calidad de grano en una población de Líneas Recombinantes Endogámicas de Arroz (*Oryza sativa* L.) a través de varios ambientes. Universidad Nacional de Colombia, 100 p.