

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE SEIS VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) SEMBRADAS EN DOS ÉPOCAS BAJO RIEGO, EN EL MUNICIPIO DE SAN BUENAVENTURA, BOLIVIA

Agronomic evaluation of six rice varieties (*Oryza sativa* L.) planted in two seasons under irrigation in the municipality of San Buenaventura, Bolivia

Pamela Cordero Flores¹; Fernando Manzaneda Delgado²

RESUMEN

El arroz constituye la base alimenticia de grandes regiones desarrolladas y en vías de desarrollo, el incremento de su producción es un elemento esencial en la lucha contra el hambre y la desnutrición. En ese sentido, el objetivo de la investigación es realizar la evaluación agronómica de seis variedades de arroz sembradas en dos épocas, bajo riego, en el municipio de San Buenaventura. La investigación fue realizada en la comunidad Santa Rosita, cantón San Buenaventura del departamento de La Paz, Bolivia. Se utilizó el diseño de bloques al azar en serie, los factores fueron las variedades de arroz (SAAVEDRA 27, MAC-18, CAISY 50, IAC-103, EPAGRI-109 y PAITITÍ) y épocas de siembra (seca y húmeda), dando como resultado 12 tratamientos; las variables de respuesta fueron días a la floración, días a la cosecha, número de macollos por planta, altura de planta, longitud de panícula, número de panículas, número de granos por panícula, porcentaje de granos maduros, peso de 1000 gramos y rendimiento. Las variedades CAISY 50 y EPAGRI-109 mostraron igual comportamiento y mayor número de días a la floración y días a la cosecha que las otras variedades, lo cual muestra que tiene mayor tiempo de formación de biomasa. El rendimiento respecto a las épocas del año difiere en época seca (5 054.52 kg ha⁻¹) y época húmeda (3 340.50 kg ha⁻¹) de forma considerable, los rendimientos obtenidos en la época seca fueron estadísticamente similares, afirmando que cualquier variedad es recomendable en época seca; en época húmeda se presentó diferencias, teniendo a la variedad CAISY 50 con mayor rendimiento recomendado (3 340.50 kg ha⁻¹). Las nuevas variedades de alto rendimiento y el uso de prácticas mejoradas de cultivo de arroz, han demostrado que en zonas que cuentan con la suficiente disponibilidad de agua, es posible obtener elevados rendimientos, dando la posibilidad a los agricultores de ser competitivos y eficientes.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., evaluación agronómica, rendimiento, épocas de siembra.

ABSTRACT

Rice constitutes the food base of large developed and developing regions; increasing its production is an essential element in the fight against hunger and malnutrition. In this sense, the objective of the research is to carry out the agronomic evaluation of six rice varieties planted in two seasons, under irrigation, in the municipality of San Buenaventura. The research was carried out in the Santa Rosita community, San Buenaventura canton, department of La Paz, Bolivia. The factors used were rice varieties (SAAVEDRA 27, MAC-18, CAISY 50, IAC-103, EPAGRI-109 and PAITITÍ) and sowing seasons (dry and wet), resulting in 12 treatments; the response variables were days to flowering, days to harvest, number of tillers per plant, plant height, panicle length, number of panicles, number of grains per panicle, percentage of mature grains, weight of 1000 grams and yield. The varieties CAISY 50 and EPAGRI-109 showed the same behavior and a higher number of days to flowering and days to harvest than the other varieties, which shows that they have a longer biomass formation time. Yields in dry season (5 054.52 kg ha⁻¹) and wet season (3 340.50 kg ha⁻¹) differed considerably, the yields obtained in dry season were statistically similar, affirming that any variety is recommended in dry season; in wet season there were differences, with the CAISY 50 variety having the highest recommended yield (3 340.50 kg ha⁻¹). The new high-yielding varieties and the use of improved rice cultivation practices have shown that in areas with sufficient water availability, it is possible to obtain high yields, giving farmers the possibility to be competitive and efficient.

Keywords: *Oryza sativa* L., agronomic evaluation, yield, planting times.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. pamecflores008@gmail.com

² Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. fmanzaneda@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) constituye la base alimenticia de grandes regiones desarrolladas y en vías de desarrollo, el incremento de su producción es un elemento esencial en la lucha contra el hambre y la desnutrición. El 90 % de la producción de arroz en el mundo se concentra en los países asiáticos, China es el principal productor, participando con 29 % del volumen de arroz y 19 % de la superficie sembrada, India, a pesar de ser el país con mayor superficie de arroz en el mundo (26 %), produce menos que China, concentrando el 20% del total, la siguen en importancia Indonesia (9 %), Bangladesh (7 %) y Vietnam (6 %); América es el segundo continente en importancia en relación con la producción mundial de arroz, con una participación de 6 %, el principal productor en América es Brasil (33 %), con tres millones de hectáreas y 13 millones de toneladas de arroz con cáscara, equivalentes al 2 % del total mundial, el segundo país relevante en América es Estados Unidos, que produce 9.9 millones de toneladas (26 % de la producción continental), en tercer lugar, Perú y Colombia producen cerca de tres millones de toneladas cada uno (8% de participación, respectivamente), en menor proporción, Ecuador, Argentina, Venezuela y Uruguay producen sobre 1.2 millones de toneladas (aproximadamente 3.5 % cada uno) (REDPA y CAS, 2012).

De acuerdo con el INE (2017) en la campaña de verano 2015, en Bolivia se sembró 165 280.54 ha de arroz, cuyo rendimiento fue 4 445 kg ha⁻¹. Los departamentos que producen este cultivo son Chuquisaca con 228 ha, La Paz con 7 921.46 ha, Cochabamba con 6 579.40 ha, Tarija con 394 ha, Santa Cruz con 127 729.77 ha, Beni con 20 251.49 ha y Pando con 2 176.42 ha.

La provincia Abel Iturralde en el municipio de San Buenaventura tiene ecosistemas con grandes posibilidades productivas en el campo agrícola y generadoras de riqueza para el país, además tiene suelos con buenas propiedades que favorecen el cultivo de arroz por un sistema irrigado (inundación por gravedad), por lo cual, esta labor tiene potencial para aumentar los ingresos del productor, apoyar a la seguridad alimentaria de la población demandante,

además del el impulso de actividades como las industriales, forestales y turísticas. En este municipio se observa la mayor producción de arroz a secano de departamento de La Paz, con manejo tradicional que muestran un índice de rendimiento de 1.5 a 2.0 t ha⁻¹ (PDM, 2013). Los problemas por los cuales se tienen estos rendimientos en la región pueden deberse a la falta de variedades resistentes a enfermedades, así como falta de genotipo con alto rendimiento e innovación en sistemas de manejo.

Una alternativa para elevar los índices de rendimiento es el ensayo de seis variedades de arroz, en un sistema irrigado, inundación por gravedad, entendiéndose como tal un riego que se realiza de forma intermitente, con el fin de mantener el suelo en condiciones de saturación, buscando la época adecuada de siembra y la variedad de arroz que se adecuo a la región. En este contexto, el objetivo de la investigación es realizar la evaluación agronómica de seis variedades de arroz sembradas en dos épocas, bajo riego, en el municipio de San Buenaventura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue realizada en la comunidad Santa Rosita, cantón San Buenaventura, Primera Sección de la provincia Abel Iturralde del departamento de La Paz, Bolivia. Geográficamente está comprendido entre las coordenadas 57° 45' de longitud oeste y 38° 20' de latitud sud, a una altitud de 200 m s.n.m. La temperatura máxima fue de 37.5 °C y la temperatura mínima de 8.0 °C. La precipitación acumulada anual fue de 1 247.7 mm.

Metodología

Material vegetal

Las variedades sembradas fueron adquiridas de CAISY LTDA compuesta por CAISY 50, EPAGRI-109, IAC-103, y las variedades adquiridas del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) fueron MAC-18, PAITITÍ y SAAVEDRA 27. En la Tabla 1 se observan sus principales características.

Tabla 1. Principales características de las variedades de estudio.

Características	PAITITÍ	MAC-18	SAAVEDRA 27	CAISY 50	EPAGRI-109	IAC-103
Ciclo (días)	120	137	127	143	142	135
Días a la maduración	115	137	127	143	142	135
Peso de mil granos (g)	30.3	30.2	27.9	30.0	29.7	27.7
Relación largo/ancho	Extra largo	Extra largo	Medio	Largo fino	Largo	Extra Largo

Fuente: CIAT (2005).

Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Bloques al Azar en Serie, por uno de los factores (épocas de siembra) y por su naturaleza necesariamente debe aplicarse en parcelas grandes (Padrón, 1996), el modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(\alpha)_{k(i)} + T_k + \alpha T_{ik} + \varepsilon k_{(i)j} \quad (1)$$

Dónde: μ = media general; α_i = efecto de la i-esimo factor A: épocas de siembra; $\beta(\alpha)_{k(i)}$ = efecto del bloque anidado en la época; T_k = efecto del k-ésimo factor B: variedades; αT_{ik} = interacción de la i-ésima factor A con el factor B; $\varepsilon k_{(i)j}$ = error experimental.

Factores del ensayo

Factor A, variedades de arroz: b1= SAAVEDRA 27, b2 = MAC-18, b3= CAISY 50, b4=IAC-103, b5 = EPAGRI-109 y b6 = PAITITÍ (Figura 1). Factor B, época de siembra: a1 = época seca, mayo-septiembre; a2 = época húmeda, octubre-febrero.



Figura 1. Vista de las variedades de estudio.

Tratamientos

Los tratamientos se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de tratamientos para estudio.

Tratamiento	Combinación	Descripción
Tratamiento 1	a1*b1	Época de siembra 1 con variedad SAAVEDRA 27
Tratamiento 2	a1*b2	Época de siembra 1 con variedad MAC-18
Tratamiento 3	a1*b3	Época de siembra 1 con variedad CAISY 50
Tratamiento 4	a1*b4	Época de siembra 1 con variedad IAC-103
Tratamiento 5	a1*b5	Época de siembra 1 con variedad EPAGRI-109
Tratamiento 6	a1*b6	Época de siembra 1 con variedad PAITITÍ
Tratamiento 7	a2*b1	Época de siembra 2 con variedad SAAVEDRA 27
Tratamiento 8	a2*b2	Época de siembra 2 con variedad MAC-18
Tratamiento 9	a2*b3	Época de siembra 2 con variedad CAISY 50
Tratamiento 10	a2*b4	Época de siembra 2 con variedad IAC-103
Tratamiento 11	a2*b5	Época de siembra 2 con variedad EPAGRI-109
Tratamiento 12	a2*b6	Época de siembra 2 con variedad PAITITÍ

El área de la unidad experimental fue 25 m², el número de repeticiones fueron 4, la distancia entre surcos y plantas fue 0.20 m, se aplicó una densidad de siembra de 40 kg ha⁻¹.

Variables de respuesta

La evaluación de características agronómicas de variedades de arroz, se enmarcó a las normas de caracterización del Sistema de Evaluación Estándar para el arroz, establecida por el Instituto Internacional de Arroz, CIAT (2005).

Variables fenológicas. Para las variables fenológicas se empleó, el método de observación directa a partir de la siembra, hasta la maduración y cosecha, se consideró las siguientes fases:

- Días a la floración. La floración se inició con la rotura de las primeras anteras dehiscentes en las espiguillas terminales de las ramas de la panoja. Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la ocurrencia del 50 % de floración.
- Días a la cosecha. Se consideró los días desde la floración hasta que más del 50 % de la población adquirió una coloración amarillo dorado.

Variables agronómicas. Se evaluaron las siguientes variables:

- Número de macollos por planta. Se seleccionó 3 lugares de muestreo en la parcela, esto para mayor precisión, de los más representativos se extrajo la muestra, luego se realizó el conteo del número de macollos. El conteo del número de macollos 10 días después del trasplante hasta la etapa de máximo macollamiento (Vergara, 1990).
- Altura de planta. Se determinó midiendo desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta, excluyendo arista.
- Longitud de panícula. Evaluado posterior a la cosecha, la medida fue a partir del último nudo de las cañas sin tomar en cuenta las aristas.

Componentes del rendimiento. Para la evaluación de estos componentes se tomó en 1 m² por tratamiento, se calculó cuatro componentes según la propuesta de CIAT (2005) y el método empleado por Sadayoshi (2001).

- Número de panículas (componente 1). Se seleccionó 3 lugares de muestreo, el cálculo fue considerando la Ecuación 2.

$$N^{\circ} \text{ panículas } m^2 = N^{\circ} \text{ panículas golpe } \times N^{\circ} \text{ golpes } m^2 \quad (2)$$

- Número de granos por panícula (Componente 2). Al momento de contar los granos por panícula, se tomó en cuenta absolutamente todos los granos (llenos, vanos, verdes y otros), se utilizó la Ecuación 3.

$$N^{\circ} \text{ de granos por panícula} = \frac{\text{Total de granos por } m^2}{N^{\circ} \text{ de panículas por } 1 m^2} \quad (3)$$

- Porcentaje de granos maduros (Componente 3). Se introdujo al agua todos los granos obtenidos en el análisis de N° de granos por panícula, seguido este fue agitado, después de un minuto los granos completamente maduros se sumergieron al fondo del recipiente, los granos que flotaron en la superficie del agua no fueron completamente maduros o son vanos. Se empleó la Ecuación 4.

$$\text{Porcentaje granos maduros} = \frac{N^{\circ} \text{ granos maduros}}{N^{\circ} \text{ granos totales}} \times 100 \quad (4)$$

- Peso de 1000 granos (Componente 4). Este factor se usa para expresar el peso de los granos después de la selección al agua de la muestra, se los seca y pesa todos los granos que se sumergieron al fondo del recipiente, de cada muestra y se ajusta al 14 % de humedad, finalmente se transforma este peso de granos maduros a peso de mil granos. Se utilizó la Ecuación 5.

$$\text{Peso } 1000 \text{ granos} = \frac{1000 \text{ granos}}{N^{\circ} \text{ granos}} \times \text{Peso granos contados} \quad (5)$$

- Rendimiento. Fue en base al cálculo del rendimiento promedio con los datos obtenidos (Ecuación 6).

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \text{componentes } (1 \times 2 \times 3 \times 4) \times \frac{1}{10000} \quad (6)$$

Labores culturales

Riego. El riego fue antes y durante el trasplante, se introdujo una lámina de agua de 3 cm, el cual aumentó a 5 cm a los 10 días, manteniendo el agua lo más clara posible para el paso de los rayos del sol, cuando el cultivo llegó a la fase de maduración en la etapa de grano pastoso se cortó el suministro de agua, ya que el grano entra en periodo de desecación.

Drenaje. Esta labor fue 20 días antes de la cosecha, consistente en sacar el agua en todos los bancales hacia el canal de alimentación.

Cosecha. Se realizó al finalizar la etapa de madurez, cuando el grano tuvo una humedad de 18 a 24 %. El corte fue a 10 cm de la base, luego procedió el secado de las panículas bajo el sol hasta que los granos alcanzaron una humedad de 14 % que dio paso al trillado manual y pesado por cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a la floración

Se evidenció diferencias significativas en las dos épocas de siembra, el análisis de bloques dentro de épocas del año y entre variedades. La Tabla 3 muestra que en la época seca, los días a la floración son más cortos (85.50 a 98.50 días) que en la época húmeda (91.00 a 111.00 días).

Tabla 3. Medias de días a la floración de las variedades en relación a las épocas de siembra.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	95.75	106.00
PAITITÍ	85.50	91.00
CAISY 50	98.50	106.50
IAC-103	87.50	92.25
SAAVEDRA 27	90.50	97.25
EPAGRI-109	98.25	111.00

Según Taboada y Viruéz (2013), en la variedad CCAISY 50 la floración es a los 107 días después de la siembra y en la variedad PAITITÍ es a los 85 días de la siembra.

De acuerdo a la Tabla 4, en la época seca, la variedad CAISY 50 no mostró diferencias significativas con las variedades EPAGRI-109 y MAC-18 pero si con las variedades SAAVEDRA 27, IAC-103 y PAITITÍ. La variedad EPAGRI-109 y MAC-18 no mostraron diferencias significativas pero si con las variedades SAAVEDRA 27, IAC-103 y PAITITÍ. MAC-18 tuvo diferencias con SAAVEDRA 27, IAC-103 y PAITITÍ. En tanto que SAAVEDRA 27, IAC-103 no tienen diferencias significativas igual que IAC-103 y PAITITÍ.

Tabla 4. Prueba Tukey para variedades en la variable días a la floración en época seca.

CAISY 50	EPAGRI-109	MAC-18	SAAVEDRA 27	IAC-103	PAITITÍ
A	A	A			
	B	B			
			C		
				C	
				D	
					D

Para la época húmeda, la variedad EPAGRI-109 no mostró diferencia significativa con las variedades SAAVEDRA 27, pero si con las variedades CAISY 50, MAC-18, IAC-103 y PAITITÍ. IAC 103 y PAITITÍ no presentaron diferencias (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba Tukey para variedades en la variable días a la floración en época húmeda.

EPAGRI-109	CAISY 50	MAC-18	SAAVEDRA 27	IAC-103	PAITITÍ
A			A		
	B		B		
		C	C	C	
			D	D	D
				E	E

Cuando la floración se retrasa o es irregular puede ser debida a niveles incorrectos de nutriente temperaturas inadecuadas o mal manejo del agua, por condiciones climáticas (fuertes lluvias), temperaturas excesivamente altas o bajas temperaturas dando lugar a una esterilidad en las espiguillas (FAO, 2003).

Días a la cosecha

Hubo diferencias significativas en los días a la cosecha en las dos épocas de siembra, como también entre variedades. En la época seca los días a la cosecha fueron de 120.00 a 141.75, en la época húmeda varió de 124.25 a 152.75 (Tabla 6).

Tabla 6. Medias de días a la cosecha para la interacción de época con variedad.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	130.25	137.00
PAITITÍ	120.00	124.25
CAISY 50	142.25	152.75
IAC-103	134.00	139.25
SAAVEDRA 27	125.50	135.50
EPAGRI-109	141.75	147.75

Según Taboada y Viruéz (2013), la variedad MAC-18, es de ciclo tardío con 137 días; la variedad SAAVEDRA 27 con 127 días. De acuerdo con la Tabla 7, en la época seca, la variedad CAISY 50 no mostró diferencia significativa con las variedades EPAGRI-109 pero si con las variedades IAC-103, MAC-18, SAAVEDRA 27 y PAITITÍ. La variedad SAAVEDRA 27 tuvo diferencias significativas con PAITITÍ.

Tabla 7. Prueba Tukey para variedades en la variable días a la cosecha época seca.

CAISY 50	EPAGRI-109	IAC-103	MAC-18	SAAVEDRA 27	PAITITÍ
A	A				
	B				
		C	C		
			D		
				E	
					F

En la época húmeda, la variedad CAISY 50 e IAC-103 no mostraron diferencias significativas, pero si con las variedades EPAGRI-109, MAC-18, CAISY 50, SAAVEDRA 27 y PAITITÍ. Las variedades IAC-103, MAC-18, SAAVEDRA 27 no tuvieron diferencias significativas. MAC-18, SAAVEDRA 27 y PAITITÍ tienen diferencias significativas (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba TUkey para variedades en la variable días a la cosecha época húmeda.

CAISY 50	EPAGRI-109	IAC-103	MAC-18	SAAVEDRA 27	PAITITÍ
A	B	A B C	B C D	C E	F

Según el CIAT (1999), el momento adecuado para la cosecha de arroz es cuando el grano contiene de 21 a 24 % de humedad, aproximadamente 35 días después de la floración, o sea cuando los granos de la parte superior de la panícula están completamente maduros y los granos inferiores, es decir los de la base, han pasado de estado lechoso a pastoso.

Número de macollos por planta

Existe diferencia entre las épocas de siembra, en la época seca se tuvo mayor número de macollos por planta, asimismo, hubo diferencias significativas en la interacción de época con variedad. Todas las variedades tuvieron números de macollos por planta diferentes en las dos épocas de siembra, las variedades MAC-18, PAITITÍ y CAISY 50 presentaron similar número de macollos por planta en las dos épocas del año, en cambio las variedades IAC-103, SAAVEDRA 27 y EPAGRI-109 tuvieron diferentes números de macollos por planta en las dos épocas del año (Tabla 9).

Tabla 9. Medias del número de macollos por planta en la interacción de época de siembra y variedad.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	9.00	7.00
PAITITÍ	8.25	7.50
CAISY 50	8.25	8.00
IAC-103	10.00	5.25
SAAVEDRA 27	8.25	5.75
EPAGRI-109	11.00	6.75

De acuerdo a la Tabla 10, en la época seca, la variedad EPAGRI-109 no mostró diferencia significativa con las variedades IAC-103 y MAC-18 (estás variedades obtuvieron mayor número de macollos por planta). La

variedad CAISY 50 no presentó diferencia significativa con la variedad PAITITÍ, habiendo diferencia con las otras variedades.

Tabla 10. Prueba Tukey para número de macollos por planta en época seca.

EPAGRI-109	IAC-103	MAC-18	SAAVEDRA 27	CAISY 50	PAITITÍ
A	A B	A B C	B C D	B C D E	B C D E

En la época húmeda, la variedad CAISY 50 y PAITITÍ tuvieron diferencias significativas con las otras variedades. La variedad MAC-18 no presentó diferencia significativa con la variedad EPAGRI-109. En la época húmeda se tiene como la variedad que presentó mayor número de macollos por planta a la variedad CAISY 50 (Tabla 11). Según CIAT (1999), el macollamiento empieza cuando en el tallo principal se desarrolla la quinta o sexta hoja, alrededor de los 25 a 30 días después de la siembra. La etapa máxima de macollamiento se incrementa con el “macollamiento activo”. Este es el estado cuando el número de macollos por planta o por metro cuadrado es máximo, antes o después de la iniciación de la panícula, dependiendo del desarrollo de la variedad.

Tabla 11. Prueba Tukey para número de macollos por planta en época húmeda.

CAISY 50	PAITITÍ	MAC-18	EPAGRI-109	SAAVEDRA 27	IAC-103
A	B	C	C D	D E	E

Altura de planta

No existe diferencia significativa en lo referente a la altura de la planta, entre bloques dentro de cada época del año, como tampoco entre las variedades. Según Taboada y Viruéz (2013), la variedad MAC-18 es de porte intermedio con 112 cm de altura y resistencia al acame, la variedad SAAVEDRA 27 con porte intermedio con 113 cm de altura y buena arquitectura en planta. La variedad CAISY 50 presenta arquitectura de planta moderna, porte mediano (110 cm de altura) (Caisy, 2000).

Longitud de panícula

Se tuvieron diferencias significativas en relación a las dos épocas del año, en la época seca se tuvo mayor

longitud de panícula para MAC-18 con 24.40 cm, en la época húmeda la mayor longitud fue para la misma variedad con 22.78 cm (Tabla 12).

Tabla 12. Medias de longitud de panícula (cm) en la interacción entre épocas de siembra y variedades.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	24.40	22.78
PAITITÍ	23.15	20.25
CAISY 50	23.10	20.66
IAC-103	22.98	21.83
SAAVEDRA 27	24.05	22.10
EPAGRI-109	22.33	20.05

En cuanto a los bloques dentro de las épocas del año, no se encontró diferencias significativas en las variedades e interacción de épocas con variedad. León y Arregoces (1985), citado por Calle (2007) indican que muchos investigadores se preocupan innecesariamente por el tamaño de la panícula como un objetivo de mejoramientos, considerando además que los caracteres de la panícula no causan o determinan estrictamente el rendimiento, pero si puede ser de valor el grosor de raquis, el cual puede estar asociado con el de los tallos.

Número de panículas (componente 1)

Se encontraron diferencias significativas entre épocas y en la interacción época por variedad. En la época seca la variedad que obtuvo mayor número de panículas por metro cuadrado fue EPAGRI-109 con 11.00, en la época húmeda fue la variedad CAISY 50 con 8.00 panículas por metro cuadrado (Tabla 13).

Tabla 13. Medias del número de panículas por metro cuadrado en la interacción de época siembra y variedad.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	9.00	7.00
PAITITÍ	8.25	7.50
CAISY 50	8.25	8.00
IAC-103	10.00	5.25
SAAVEDRA 27	8.25	5.75
EPAGRI-109	11.00	6.75

En la época seca, de acuerdo con la Tabla 14, la variedad que obtuvo mayor número de panículas por metro cuadrado fue EPAGRI-109, misma que no muestra diferencia significativa con las variedades IAC-103 y MAC-18 pero si con las variedades SAAVEDRA 27, CAISY 50 y PAITITÍ.

Tabla 14. Prueba Tukey para el número de panículas por metro cuadrado en la época seca.

EPAGRI-109	IAC-103	MAC-18	SAAVEDRA 27	CAISY 50	PAITITÍ
A	A	A	B	B	B
	B	B	C	C	C
		C	D	D	D
				E	E

En la época húmeda, la variedad CAISY 50 obtuvo mayor número de panículas por metro cuadrado seguido de la variedad PAITITÍ, ambas tienen diferencias significativas con las otras variedades (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba Tukey para el número de panículas por metro cuadrado en la época húmeda.

CAISY 50	PAITITÍ	MAC-18	EPAGRI-109	SAAVEDRA 27	IAC-103
A					
	B				
		C			
			C		
			D		
				D	
				E	
					E

El periodo en que se determina el número de panículas es desde el trasplante hasta 10 días después de la etapa de máximo macollamiento; el periodo comprendido entre los 20 días antes de la etapa de máximo macollamiento, es el más importante para la determinación del número de panículas; si el tallo tiene más de tres hojas en la etapa máxima de macollamiento, puede considerarse como productivo (Sadayoshi, 2001). El periodo de 20 días previo a la etapa de macollamiento máximo es el más importante en la determinación de número de panículas.

Número de granos por panícula (Componente 2)

Se presentaron diferencias significativas entre las dos épocas del año, siendo la época seca la que presentó mayor número de granos por panícula para la variedad CAISY 50 con 120.00 granos por panícula, en la época húmeda la variedad SAAVEDRA 27 obtuvo mayor número de granos por panícula (Tabla 16).

Tabla 16. Medias de granos por panícula de la interacción entre épocas y variedades.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	110.25	95.00
PAITITÍ	100.25	75.50
CAISY 50	120.00	83.75
IAC-103	107.25	87.25
SAAVEDRA 27	115.50	135.50
EPAGRI-109	92.50	81.50

Según Sadayoshi (2001), la etapa vegetativa puede tener algún efecto sobre el número de espiguillas, pero la fase más importante es de diferenciación del primordio panicular en la cual puede ser afectada seriamente la formación de espiguillas. El periodo de la diferenciación del primordio panicular normalmente se inicia alrededor de 32 días antes de la etapa de emergencia de la panícula, aunque puede presentarse algunas variaciones debido al ciclo de la variedad, época del año y método del cultivo.

Porcentaje de granos maduros (Componente 3)

Se tuvieron diferencias significativas en el porcentaje de granos maduros en las dos épocas del año, mostrando claramente que en la época seca se presenta mayor porcentaje (78.58 %). Las variedades PAITITÍ y CAISY 50 presentaron similar porcentaje de granos maduros en las dos épocas de siembra; las variedades IAC-103, SAAVEDRA 27, EPAGRI-109 y MAC-18, presentaron diferentes porcentajes de granos maduros en las dos épocas de siembra, en la época seca se tuvo mayor porcentaje de granos maduros (73.75 a 82.75 %) a diferencia de la época húmeda con bajos los porcentajes de grano maduro (25.00 a 69.25 %) (Tabla 17).

Tabla 17. Porcentaje de granos maduros en variedades con relación a las épocas de siembra.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	82.75	25.00
PAITITÍ	73.75	69.00
CAISY 50	75.25	69.25
IAC-103	77.25	33.75
SAAVEDRA 27	81.75	39.75
EPAGRI-109	80.75	51.50

En la época seca, la variedad IAC-103 no presentó diferencias significativas con las variedades CAISY 50, MAC-18 y SAAVEDRA 27. La variedad CAISY 50 no tuvo diferencia significativa con las variedades MAC-18 y SAAVEDRA 27, la variedad SAAVEDRA 27 no presentó diferencias significativas con las variedades EPAGRI-109 y PAITITÍ pero si con las otras variedades (Tabla 18).

Tabla 18. Prueba Tukey para variedades en época seca, en la variable porcentaje de granos maduros.

IAC-103	CAISY 50	MAC-18	SAAVEDRA 27	EPAGRI-109	PAITITÍ
A	A	A	A		
	B	B	B		
			C	C	C

En la época húmeda se observó que la variedad CAISY 50 no tuvo diferencia significativa con las variedades PAITITÍ y EPAGRI-109. La variedad EPAGRI-109 no mostró diferencia significativa con las variedades SAAVEDRA 27 e IAC-103 pero si con las otras variedades. Las variedades CAISY 50, PAITITÍ y EPAGRI-109 mostraron los mayores porcentajes de granos maduros y son estadísticamente iguales.

Tabla 19. Prueba Tukey para variedades en época húmeda, en la variable porcentaje de granos maduros.

CAISY 50	PAITITÍ	EPAGRI-109	SAAVEDRA 27	IAC-103	MAC-18
A	A	A			
	B	B			
		C	C	C	
			D	D	D

Según Vergara (1990), 21 días después de la fecundación, la espiguilla alcanza su peso máximo, ya que pasa siete días antes de que se abran todas las espiguillas de una panícula, la maduración completa de toda la panícula no ocurre hasta 10 días después de la floración, se necesita otros días más para que maduren todos los granos ya que no todas las panículas emergen al mismo tiempo.

Este periodo se inicia durante la etapa de diferenciación de las espiguillas, y finaliza entre los 35 y 40 días después de la emergencia de las panículas bajo condiciones climáticas normales, aunque algunas veces, este es afectado incluso en la etapa de desarrollo vegetativo debido a condiciones externas.

Peso de 1000 Granos (Componente 4)

Se observaron diferencias significativas en épocas de siembra, variedades, así como en su interacción. En la época húmeda el peso de mil granos fue menor (28.00 a 31.15 g) en relación a peso de la época seca (26.59 a 39.00 g) (Tabla 20).

Tabla 20. Medias del peso de 1000 granos (g) en variedades con relación a las épocas de siembra.

Variedad	Época seca	Época húmeda
MAC-18	33.38	31.15
PAITITÍ	28.67	30.43
CAISY 50	28.60	28.85
IAC-103	31.90	28.25
SAAVEDRA 27	26.59	28.00
EPAGRI-109	39.00	28.90

En la época seca, el peso de 1000 granos fue significativamente igual entre las variedades EPAGRI-109, MAC-18 e IAC-103, siendo el peso mayor para estas variedades. La variedad MAC-18 es significativamente igual a las variedades IAC-103, PAITITÍ, CAISY 50 y SAAVEDRA 27 (Tabla 21).

Tabla 21. Prueba Tukey para variedades en época seca en la variable peso de 1000 granos.

EPAGRI-109	MAC-18	IAC-103	PAITITÍ	CAISY 50	SAAVEDRA 27
A	A	A	B	B	B
	B	B			

En base a la Tabla 22, para la época húmeda, puede observarse que no existe diferencia en el peso de 1000 granos de arroz entre las variedades IAC-103 y CAISY 50. La variedad EPAGRI-109 es significativamente igual a la variedad PAITITÍ.

Tabla 22. Prueba Tukey para variedades en época húmeda en la variable peso de 1000 granos.

IAC-103	CAISY 50	MAC-18	SAAVEDRA 27	EPAGRI-109	PAITITÍ
A	A	B	C	D	D

Vergara (1990) indica que la disminución del peso en 100 granos más de lo esperado podría ser debido a que las condiciones ambientales después de la floración no fueron favorables (deficiencia nutricional, escasa hojas para producir alimento, tiempo nublado, etc. CIAT (2005) menciona que para incrementar el peso del grano se requiere las siguientes condiciones favorables, durante los últimos 45 días de la cosecha, estrés causado por altas o bajas temperaturas, baja luminosidad y enfermedades durante el inicio de la formación de la semilla, podrá causar reducción en el número de células a ser formadas en el endospermo limitado en esa forma la capacidad de almacenamiento del almidón.

Rendimiento

Esta variable determina la productividad del cultivo, en grano; para su evaluación se tomó en cuenta la época apropiada. Guzmán (2003), menciona que la calidad de arroz y el mayor o menor rendimiento de grano, depende en gran medida de realizar la cosecha en el momento oportuno. Se determinó que la época con mayor rendimiento fue la época seca, en la variedad MAC-18 con 5 054.52 kg ha⁻¹, la variedad con menor rendimiento fue PAITITÍ con 3 594.66 kg ha⁻¹. En la

época húmeda la variedad que registro mayores rendimientos fue CAISY 50 con 3 340.50 kg ha⁻¹, la variedad IAC-103 mostró menor rendimiento con 1 523.23 kg ha⁻¹ (Tabla 23).

Tabla 23. Medias del rendimiento (kg ha⁻¹) de las variedades en relación a la época de siembra.

Variedad	Época seca	Época húmeda
Mac-18	5 054.52	1 924.58
PAITITÍ	3 594.66	2 720.20
CAISY 50	4 411.51	3 340.50
IAC-103	4 565.96	1 523.23
SAAVEDRA 27	4 651.28	2 336.50
EPAGRI-109	4 678.59	2 643.25

En la época húmeda, la variedad CAISY 50 presentó mayor rendimiento que las otras variedades. La variedad IAC-103 fue significativamente igual a las variedades EPAGRI-109, SAAVEDRA 27, MAC-18 y PAITITÍ (Tabla 24). En la época seca no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento.

Tabla 24. Prueba Tukey para variedades en la variable rendimiento, en época húmeda.

CAISY 50	PAITITÍ	EPAGRI-109	SAAVEDRA 27	MAC-18	IAC-103
A	B	B	B	B	B

De acuerdo con Taboada y Viruéz (2013), el rendimiento es el más importante de los indicadores de valoración del cultivo de arroz. Sadayoshi (2001) indica que el rendimiento del grano se debe principalmente al número de panículas que han desarrollado hasta el periodo correspondiente a la etapa de la diferenciación de las mismas ramificaciones secundarias de raquis o la etapa de máximo macollamiento, después, hasta cinco días antes de la emergencia de la panícula en primer lugar, por el número de espiguillas por panícula en segundo, por el porcentaje de granos maduros y por el peso de mil granos, y posteriormente al periodo de la madurez, el rendimiento se determina por el porcentaje de granos maduros y por el peso de mil granos.

Taboada y Viruéz (2013), en la gestión comprendida entre los años 1984-1985 realizaron trabajos con cuatro variedades de arroz, que fueron sembradas cada 15 días durante dos años, los mayores rendimientos para todas las variedades fueron en las siembras de julio-agosto, declina gradualmente hacia enero. En referencia a esta información se confirma que estos meses son más productivos por la oferta de luz, esta ventaja climática debe ser acompañada con un manejo eficiente.

CONCLUSIONES

La mejor época de siembra es la a seca debido a sus condiciones climáticas y buena distribución de radiación solar. Las nuevas variedades de alto rendimiento y la utilización de prácticas mejoradas de cultivo de arroz, han demostrado que en zonas que cuentan con la suficiente disponibilidad de agua, es posible obtener elevados rendimientos, dando la posibilidad a los agricultores de ser competitivos y eficientes. El cultivo de arroz irrigado, aunque con mayor costo asegura la producción considerando que los periodos de lluvia son erráticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Calle Mollo, N. 2007. Evaluación agronómica de cuatro variedades de arroz (*Oriza sativa* L.) bajo dos épocas de siembra en la localidad de Villa Borjana, provincia Ballivian - departamento del Beni (en línea). Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Consultado 12 may. 2020. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9632/T-1140.pdf?sequence=1>
- Caisy. 2000. Variedades de arroz Caisy, Santa Cruz, Bolivia, 65 p.
- CIAT (Centro de Centro de Investigación Agrícola Tropical). 2005. Metodologías y experiencias de evaluación de rendimiento de arroz. Santa Cruz, Bolivia. pp 1-12.
- CIAT (Centro de Centro de Investigación Agrícola Tropical). 1999. Recomendaciones Técnicas. Santa Cruz, Bolivia. pp. 81.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2017. Encuesta Agropecuaria 2015 (en línea). Consultado 27 may. 2021. Disponible en <https://www.ine.gob.bo/index.php/publicaciones/encuesta-agropecuaria-2015/>
- FAO. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. pp. 34.
- Guzmán, R. 2003. Manual técnico de arroz para pequeños productores. Santa Cruz, Bolivia. pp. 21.
- Padrón, C. E.1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Trillas, México. 215 p.
- PDM (Plan de desarrollo Municipal de San Buenaventura). 2013. Plan de desarrollo municipal de San Buenaventura. La Paz, Bolivia. pg. 67-120.
- REDPA (Red de Políticas Agropecuarias) y CAS (Consejo Agropecuario del Sur). 2012. El mercado de arroz en los países del CAS (en línea). Consultado 06 abr. 2021. Disponible en https://www.magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/productos_no_tradicionales/el%20mercado%20del%20arroz%20en%20los%20países.pdf
- Sadayoshi, T. 2001. Teoría y técnicas del cultivo de arroz. Editorial ZAATEPEC. México Morelos. pp. 7.
- Taboada, A; Viruéz, F. 2013. Producción de arroz en Bolivia. Editor Industrias Graficas SIRENA. Santa cruz de la Sierra, Bolivia. pp. 1-2.
- Vergara, B. 1990. Guía del agricultor para el cultivo del arroz. Editorial Limusa. México. pp. 221.

Artículo recibido en: 22 de diciembre 2020

Aceptado en: 15 de abril 2021