

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**ESTUDIO DEL SECADO DE LAS SEMILLAS DE ARROZ (*Oryza sativa*)
EN TRES (3) FACILIDADES COMERCIALES DE LA REGIÓN CENTRAL
DE PANAMÁ**

MILAGROS L. ROBINSON. R

6-720-733

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

**ESTUDIO DEL SECADO DE LA SEMILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN TRES (3)
FACILIDADES COMERCIALES DE LA REGIÓN CENTRAL DE PANAMÁ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO POR:

PROF. ING. NORBERTO PITY

DIRECTOR

PROF.ING. ARNOLDO CANDANEDO

ASESOR

PROF. ING. RICARDO BLAS

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar gracias a DIOS por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por colocarme en circunstancias necesarias con las personas adecuadas para poder realizar esta investigación.

A mi familia, por apoyarme en todo momento y ser comprensivos.

Al Ing. Norberto Pitty, por creer en mis capacidades y por tomarme en cuenta para poder desempeñarme en esta investigación.

También al Ing. Roberto Mancilla, director del comité nacional de semillas, por facilitarme los equipos de laboratorio y logística necesaria para realizar las pruebas de investigación, a la Ing. Iris Moreno, Jefa de unidad de laboratorio; al Lic. Teodulo Batista, al Lic. José Caballero, a la Ing. Catherine Acevedo, a la Sra. Lelia Ortega, a la Sra. Eida De León.

Al igual que a todas aquellas personas que se mostraron interesados en ayudar, sugerir y a su vez aportar con sus conocimientos para poder complementar el objetivo de esta investigación. Bendiciones a todos.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Oscar Robinson y Teresa Reyes, mis abuelos Lorenzo Gómez y Rafaela González. Gracias a sus esfuerzos y sacrificios pude haber llegado hasta aquí, agradezco por haber depositado su confianza en mí he impartido sus sabios consejos.

A mi hermano Oscar Robinson, por haberme brindado su cariño, apoyo y su comprensión en todo momento, permaneciendo conmigo en buenos y malos momentos.

A mi hija, Keylis M. Villarreal Robinson, por ser mi inspiración de seguir adelante y darme esa fuerza emocional de ser siempre perseverante a pesar de las adversidades en la vida.

RESUMEN

ESTUDIO DEL SECADO DE LA SEMILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN TRES (3) FACILIDADES COMERCIALES DE LA REGIÓN CENTRAL DE PANAMÁ.

El estudio se realizó en tres plantas comerciales situadas en la provincia de Coclé, Republica de Panamá, entre los meses de abril y noviembre dos mil veinte uno.

El estudio plantea el manejo del secado de las semillas y su influencia en la germinación y viabilidad, de semillas de arroz (*Oryza sativa*).

La metodología experimental estuvo basada en el estudio de tres facilidades comerciales de secado en donde se tomaron datos de humedad relativa, temperatura y velocidad del aire, además se analizaron las semillas antes de entrar al proceso de secado y una vez finalizado el proceso de secado.

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio del Comité Nacional de Semillas sede Divisa, mediante prueba de germinación y tetrazolium donde los resultados obtenidos indican que el tiempo de secado de la semilla de arroz (*Oryza sativa*), el caso 1 difiere notablemente del caso dos y tres. Ambos casos dos y tres comparten similitudes en tiempo de secado, la fuente de energía en los tres casos son diferentes siendo usada gas, biomasa (cascarilla y leña). Las temperaturas empleadas son bastante similares y los contenidos de humedad de las semillas al entrar al proceso de secado son diferente en varias bachadas. Las tazas de secado son diferentes en los casos estudiados.

Palabras claves: Arroz, temperatura, secado, contenido de humedad.

ABSTRACT

THE STUDY OF THE DRYING RICE SEED (*Oryza sativa*) IN THREE COMERCIAL FACILITIES IN THE CENTRAL REGION OF PANAMA.

The study was carried out in three commercial drying province, Republic of Panamá, between april and november 2021.

The study fours on seed drying management and it's influence in seed germination and viability, of rice seed (*Oryza sativa*). The methodology experimental was based on the study of three commercial drying facilities in where relative humidity, temperature and air velocity period of time needed for drying data were, in addition the seeds were analyzed before entering the process of drying and once the drying was finished, the same procedure was carried out.

The samples were processed in the laboratory of the National Seed Committee headquarters located in Divisa, by germination test and tetrazolium where the results obtained indicate that the drying time of the rice seeds (*oryza sativa*), the case one differs notably from case two and caso three. Both cases two and three share similarities in the drying time, the energy source in the three cases is different, using gas, biomoss (husk and firewood). The temperatures used are quite similar and the moisture contents of the seeds as they enter the drying process are different in various batches.

Key words: Rice, temperature, drying, moisture content.

Índice General

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 GENERAL	7
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	7
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	8
2.1 FACTORES QUE INCIDEN EN UN BUEN SECADO	8
2.2 TERMOMETRÍA.....	9
2.3 TÉCNICAS DEL SECADO.....	10
2.3.1 En el campo.....	10
2.3.2 Después de la cosecha.....	11
2.4 SECAMIENTO ARTIFICIAL.....	11
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	16
5. CONCLUSIONES.....	33
6. RECOMENDACIONES.....	34
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
8. ANEXOS.....	37

Índice de cuadros

N°	Título	Pag.
CUADRO 1.	Cantidades de semilla apta y rechazada en el sistema de certificación durante el periodo 2015 al 2019.....	4.
CUADRO 2.	Caracterización del proceso de secado del estudio de caso 1 bachada1.....	17.
CUADRO 3.	Porcentaje de germinación de las bachadas, de los tres estudios de casos antes y después del proceso de secado de la semilla	18.
CUADRO 4.	Porcentaje de viabilidad por tetrazolium antes y después del secado de la semilla de las diferentes bachadas y estudios de caso...	19.
CUADRO 5.	Caracterización del secado de la semilla de la bachada 2 caso 1.	21.
CUADRO 6.	Caracterización del secado de la semilla de la bachada 3 caso 1...	22.
CUADRO 7.	Estudio del secado de la semilla de arroz caso 1 bachada 4.....	23.
CUADRO 8.	Estudio del secado de semilla de arroz para el caso 2 tanda 1.....	25.
CUADRO 9.	Descripción del secado de semilla de arroz para la tanda 2 caso 2.....	26.
CUADRO 10.	Caracterización del secado de semilla de arroz bachada 3 caso 2.....	27.
CUADRO 11.	Estudio del secado de la semilla de arroz de la bachada 4 caso 2.....	28.
CUADRO 12.	Descripción del secado de semilla de arroz caso 3 tanda 1	29.
CUADRO 13	Comportamiento del secado de la semilla de arroz bachada 2 caso 3...	30.
CUADRO 14.	Comportamiento del secado de la semilla de arroz bachada 2 caso 3.....	31.
CUADRO 15.	Estudio del secado de la semilla de arroz caso 3 bachada 4.....	32.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

El secado de semillas se define en este punto como un procedimiento imprescindible para mantener la calidad de una nueva cosecha; Por norma general, las semillas pueden guardar en su interior entre un 30 y un 40 % de humedad durante su desarrollo. Este exceso de agua puede afectar a su estructura y su conservación, por lo que el secado es siempre una prioridad tras la recolección. Como la humedad en una semilla se localiza tanto en su interior como en su superficie, el secado de semillas comprende generalmente dos procedimientos simultáneos: el paso de la humedad desde el interior hacia la superficie y la transmisión de esta desde la capa exterior de la semilla al aire (Repuestos Foster, 2020).

A la hora de llevar a cabo su secado, cada semilla requiere un tiempo, pero también es cierto que existen otros factores exteriores, generalmente climáticos, que pueden dilatar o acortar la duración del proceso. En términos generales, el tiempo medio de secado de una semilla depende de aspectos como la cantidad de humedad que esta contenga, el porcentaje de agua que se desee eliminar, la velocidad de secado, las condiciones meteorológicas o el sistema empleado, que puede ser natural o artificial (Foster, 2020).

La semilla es un ser vivo, que entra en un estado de casi dormancia cuando se seca en la planta; retoma la vida en el momento de la siembra cuando la humedad aumenta y despierta a la semilla (Wyrztz, 2008).

Las características estructurales y fisiológicas de las semillas como: la presencia o ausencia de un periodo de pérdida de humedad previo a la maduración, el estado de madurez del embrión al momento de la colecta, el contenido de sustancias en su interior que impiden la germinación, la resistencia a la desecación o al frío y la

presencia de testas gruesas o duras; determinan en buena parte su longevidad (Lozano, Lorieux, Loaiza, & Scarpeta, 2005).

Estos autores detallan que las semillas, por su comportamiento en condiciones de almacenamiento, se clasifican en dos grupos: ortodoxa y recalcitrante. Las semillas ortodoxas, como el arroz, son susceptibles de almacenarse por largos periodos de tiempo, pasan por una etapa de deshidratación e inhibición respiratoria.

También (Lozano, Lorieux, Loaiza, & Scarpeta, 2005), citan que por cada 1% de contenido de humedad que se pueda reducir y por cada 5° C que se reduzca la temperatura de almacenamiento, la viabilidad de la semilla se duplica.

El proceso de secado consiste en remover agua del grano logrando patrones de humedad. Este proceso es muy importante para el éxito de cualquier método de almacenamiento e industrialización viables en cualquier tipo de explotación (GNA, 2012).

Los científicos dicen que el grano es higroscópico porque pierde o gana humedad del aire que lo rodea. Este mecanismo consiste en la recepción y expulsión de agua hasta llegar a un equilibrio entre el ambiente y el grano. Al haber mayor humedad en el grano que en el aire del ambiente, la humedad del grano pasará al aire; (citado por (Pacheco, 2016)).

Lo anterior explica la necesidad de mantener el grano seco alejado lo más posible de la humedad y/o del aire a temperatura ambiente (GNA, 2012).

Las variables temperatura de secado, tiempo de secado y velocidad del secado pueden afectar la calidad de la semilla, por lo tanto es necesario realizar el proceso tomando en cuenta las variables antes mencionada para mantener la calidad de la semilla lograda en el campo.

Las facilidades de secado deben contar con instrumentos que midan la temperatura de secado, humedad de la semilla y humedad del aire para controlar el proceso. Además, el operador de la secadora debe estar entrenado en el proceso.

En nuestro medio cada facilidad de secado opera en condiciones diferentes con secado con mucho o poca tecnología, lográndose resultados variables y negativos en muchos casos, por lo tanto, en esta investigación se caracteriza el proceso de secado en tres facilidades para identificar los procedimientos que logran buenos resultados como los que afectan negativamente la calidad de la semilla.

1.2 ANTECEDENTES

El arroz es una de las plantas alimenticias cuyo cultivo se practica desde la antigüedad. Es el cereal más cultivado en el mundo después del trigo; constituye la base de la alimentación de muchos pueblos del mundo, y su consumo se extiende constantemente (Aguerre, 1984).

Los servicios de secado y almacenamiento del grano de arroz, se concentra entre el Instituto de Mercadeo Agropecuario (I.M.A.) y los Molinos Particulares. (Camargo, Quiroz & Salamins, 2014)

Basada en la información suministrada por el COMITÉ NACIONAL DE SEMILLAS, gráficamente se presentan resultados de los últimos cinco años en el que se muestra el total de toneladas de las semillas que han sido aptas y rechazada en el país; considerando que el año 2019 hubo 3, 970.7 toneladas de semillas de arroz rechazadas y al igual se observa que el mayor número de semillas aptas fue en el año 2018 con 18,382.67 toneladas.

Cuadro 1. Cantidades de semilla apta y rechazada en el sistema de certificación durante el período 2015 al 2019.

	<i>APTAS (Toneladas)</i>	<i>RECHAZADAS (Toneladas)</i>	<i>TOTAL</i>
2015	12,729.54	1,735.85	14,465.39
2016	14, 740.85	2,010.11	16,750.96
2017	14,879.86	2,031.53	16,911.39
2018	<u>18,382.67</u>	2,506.73	20,889.4
2019	1,788.27	<u>3,970.7</u>	5,758.97

La semilla rechazada por baja germinación, si no hay dormancia se debe al secado deficiente.

En el quinquenio 1976-81, la superficie promedio sembrada de arroz comercial fue de 46 600 ha, con rendimiento promedio de 2.7 t/ha (55 qq/ha), mientras que en el último quinquenio 2006-11, la superficie promedio sembrada fue de 61 700 ha y el rendimiento alcanzó 4.9 t/ha (97.5 qq/ha). A pesar que la superficie sembrada en los últimos 15 años ha fluctuado por factores bióticos y abióticos que han afectado los rendimientos y la economía del sector arrocero, es evidente que la producción se ha incrementado significativamente en 77% considerando el quinquenio 1976-81 versus 2006-11 (Camargo, Quiróz, & Salamins, 2014).

Según (MIDA, 2022), los datos disponibles indican que los arroceros sembraron 84 mil 459 hectáreas para la zafra 2020-2021, donde , la provincia de Chiriquí registraba el mayor porcentaje de avance de siembra con un 22.3% (18, 829 hectárea), seguido de Panamá Este con 18.8% (15, 859n hectárea), al igual que Coclé con 14.3% (12, 102 hectáreas), Veraguas con 14.1% (11, 870 hectáreas), Darién con 12.1% (10, 206 hectáreas), Herrera con 3% (2,532) y Panamá oeste con 0.1% (120 hectáreas).

A nivel nacional hay 1,048 productores, con una producción de 7 millones 190, 723 quintales, con un rendimiento de 104 quintales por hectárea (MIDA, 2022).

Es evidente que Panamá es uno de los países del área centroamericana con mayor consumo per cápita de arroz. Esto nos asegura que su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y, sobre todo, en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los problemas relacionados con la conservación de la semilla de arroz una vez cosechada se relacionan con el alto contenido de humedad de la misma, siendo necesario disminuir el contenido de humedad de la semilla a niveles seguro para almacenarla, de lo contrario los hongos de campo y almacén, lo mismo que las bacterias e insectos deterioran la semilla hasta llevarla a su destrucción total o parcial ocasionando pérdida de la calidad y por consiguiente que no sea apta para las siembras comerciales de grano.

La falta de un secado adecuado ocasiona que las semillas pierdan su calidad para la siembra, siendo necesario conocer e identificar las prácticas que inciden en el secado, para elaborar una estrategia de secado correcta.

Con este estudio se pretende caracterizar el proceso de secado utilizados en tres (3) plantas comerciales de arroz en Panamá, con el fin de analizar y determinar las practicas que contribuyen a los mejores resultados al finalizar el proceso de secado que asegure la conservación de la calidad de la semilla por un periodo adecuado antes de su uso como material de siembra.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Evaluar el manejo y secado de la semilla de arroz (*Oryza sativa*), en tres plantas comerciales de la región central de Panamá.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar los procesos de manejo y secado de semilla de arroz que se llevan a cabo en cada planta comercial.
- Determinar la viabilidad de las semillas de cuatro lotes antes y posterior al secado en cada una de las facilidades comerciales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Frecuentemente, las semillas recién cosechadas presentan un contenido de humedad inadecuado para un almacenamiento seguro. Esta es una de las principales causas de pérdida del poder germinativo y del vigor (Urbina, 2018).

La planta de arroz puede considerarse madura y lista para la cosecha cuando sus granos tienen un grado de humedad menor que el 28%, es decir que este en un rango entre 16% y 26% de contenido de humedad. (Aguerre, 1984).

Las semillas deben permanecer húmedas el menor tiempo posible, ya que la alta humedad es el factor que más afecta la calidad fisiológica. Aunque la humedad de la semilla no lo permita, se debe cosechar e inmediatamente que sea posible y después se debe proceder al secado (Wunder, 2013).

2.1 FACTORES QUE INCIDEN EN UN BUEN SECADO

Secador adecuado para arroz (**sin choques mecánicos**); control de temperatura de secado y de la masa de granos (**sin choque térmico**); Homogeneidad del secado (**uniformidad del aire con el grano**); Sistema de descarga sin daños mecánicos y Seguridad operacional. (Allebrandt, 2011)

Las principales causas de pérdida de calidad del arroz en el secado son daños mecánicos, choque térmico, secado desigual, exceso de temperatura de secado, secado con humedad final muy baja (Allebrandt, 2011). Además, se debe considerar la eficiencia térmica, facilidad de limpieza, facilidad de reglaje de los parámetros de operación, accesibilidad, facilidad de manutención, consumo eléctrico reducido, automatización y registro del proceso, accesorios y medio ambiente (Allebrandt, 2011).

En cuanto a la capacidad de secado dependerá de la temperatura del secado, estadios de humedad, tipo del grano, condiciones ambientales (Allebrandt, 2011).

El secado muy rápido puede causar perjuicios a las semillas. Por ende, se recomienda un flujo de aire de por lo menos 4m³ min ton de semilla (Wunder, 2013).

Para que la humedad se distribuya uniformemente es necesario contar con un depósito o silo pulmón de preferencia con sistema de aireación para almacenar la semilla por un periodo corto de 2 horas (Wunder, 2013).

2.2 TERMOMETRÍA

El secador debe poseer sistema de cables con sensores distribuidos en la masa de granos que posibilita la medición de la temperatura de la masa de granos en varios niveles. Las lecturas del sistema de termometría permiten el control del sistema de aireación, control adecuado del enfriamiento de la masa de granos. (Allebrandt, 2011).

La temperatura del aire de secado varía con el tipo de secador y el contenido de humedad de la semilla. Para saber la temperatura adecuada del aire se recomienda verificar la temperatura de la semilla al final del secado de 13-14% de humedad que debe estar para arroz, máximo a 43 grados centígrados (Wunder, 2013). Cuando se utilizan temperaturas mayores, los granos pueden secarse más rápido, sin embargo, puede provocar una diferencia de humedad muy grande entre la periferia y el centro de la semilla, ocurriendo las fracturas. Una velocidad de 1,3 -1,8% hora es recomendable en secadores intermitentes para grano, pero debe ser más baja en semilla (Wunder, 2013).

Se recomienda el secado en capas delgadas. Pues, con una Humedad Relativa (HR) del aire de 40% se constituye en un problema para los granos que fácilmente sufren daños (Wunder, 2013).

2.3 TÉCNICAS DE SECADO

Entre ellas están: Secado en lotes independientes, Secado con carga y descarga simultánea, secado en serie con varios secadores en secuencia (flujo continuo), secado-aireación – secado parcial en el secador finalizando en el silo, secado intermitente con silos de reposo (tempering) (Allebrandt, 2011).

2.3.1 En el campo

El secamiento comienza desde la madurez del producto. Al permanecer el grano en el campo, el aire seco toma la humedad del grano. El proceso de secado es más rápido si el aire no contiene mucha humedad y si hay viento. El aire caliente pasará por el grano y lo secará con más rapidez que el aire frío (GNA, 2012).

Según Allebrandt, 2011), los aspectos principales del secado en campo son:

- El aire caliente puede retener más agua que el aire frío, por eso, entre más caliente esté el aire al pasar por el grano, mayor será la cantidad de agua que tome del grano.
- El agua se evapora más rápido, cuando está caliente, así al pasar el aire caliente por el grano, el agua que hay en la superficie de éste se evapora con mayor rapidez.
- El aire caliente hace que la temperatura del grano aumente y que el agua que hay en su interior salga rápidamente. El aire toma el agua que sale a la superficie del grano en forma de vapor.

2.3.2 Después de la Cosecha

El aire pasa por todo el grano tomando agua que hay entre las semillas y en la superficie de éstas, pero no el agua que está en el interior de las semillas, primero tiene que salir a la superficie y posteriormente es tomada por el aire. Sólo el aire seco, al pasar por el grano, reemplaza al aire húmedo y toma más agua del grano.

Este es el principio en el que se basan algunos métodos de secado, haciendo pasar aire seco o caliente por el grano para acelerar el secamiento (GNA, 2012).

El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, el uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente se emplea o sea, el secado natural (Marquéz, 2000).

Marquéz (2000), señala que otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; éstos corresponden al secado artificial.

Los métodos para el secado artificial de granos se dividen, de una manera general, en dos clases principales: aquella en la que el grano se seca por lotes y aquella en que el grano se seca por medio de un flujo continuo.

Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. Esto es especialmente importante cuando existen métodos que ya han sido empleados desde hace mucho tiempo por los agricultores de una comunidad (Marquéz, 2000).

2.4 SECAMIENTO ARTIFICIAL

El secamiento artificial utiliza energía de combustión y métodos eléctricos o mecánicos para aumentar la temperatura del aire. Algunos sistemas tienen

ventiladores o calentadores para mover tanto el aire seco como el caliente, existen muchos diseños y clases (GNA, 2012).

Hay secadores de tamaños medianos que son apropiados para pequeñas cooperativas y agricultores pueden quemar olotes de maíz, cáscara de arroz, material orgánico y petróleo para aumentar la temperatura del aire y su "potencia" de secamiento. Otros son fabricados y vendidos para secar mayores cantidades de granos. En general se dividen en secadores de bandas (batch) y secadores de flujo continuo (GNA, 2012).

Las ventajas de estos sistemas son:

- Se logra un secamiento uniforme mediante el control de la temperatura y la ventilación. Es rápido y puede ser operado automáticamente.
- Algunos sistemas son portátiles y otros pueden ser operados por la fuerza motriz del tractor.
- Los equipos de secamiento vienen en un amplio rango de capacidad y son los métodos más eficientes y aceptados para secar grandes cantidades de granos (GNA, 2012).

Las desventajas son:

- Las altas temperaturas y su caudal (flujo) de aire exigen personal entrenado en su operación.
- El costo del equipo y la inversión inicial es muy elevado.
- Es útil únicamente para grandes explotaciones de granos y tiene un costo alto de energía (GNA, 2012).

Si el almacenamiento se realiza con el grano húmedo, sin que el aire pase a través de él, el mismo se calentará, respirará más rápido y producirá más calor y

humedad; por lo tanto, el grano caliente, se deteriorará más rápido. Un aumento del calor provoca el desarrollo de hongos rápidamente y además puede germinar. Esto se debe a que los procesos vitales del arroz ocurren en forma muy lenta cuando hay poca humedad (GNA, 2012).

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se estudian tres facilidades de secado donde se analizan en laboratorio las semillas antes de entrar al proceso de secado y una vez finalizado el secado se analizan nuevamente.

Los análisis de laboratorio fueron viabilidad por tetrazolium (TZ) y prueba de germinación antes y después de secar la semilla según las normas ISTA de análisis de semillas. Las pruebas de germinación se realizaron en Laboratorio del Comité Nacional de Semillas en la sede de Divisa.

Al iniciar y durante todo el secado se toma la temperatura y humedad relativa del aire del ambiente y aire de secado cada hora, igualmente se determina la humedad de la semilla cada hora hasta finalizar el proceso de secado.

Se calcula la velocidad de secado que es una medida de la pérdida de humedad en valores porcentuales por hora. Estas mediciones se hacen tanto en el tiempo de reposo de la semilla donde no se calienta el aire para secar como durante el secado con calor.

Se usó cuatro bachadas (repeticiones) o lotes para secado por instalación comercial. Se tomó datos de las variables contenido de humedad de la semilla, temperatura y humedad relativa del aire exterior y aire de secado.

En relación a las variables de germinación y viabilidad por tetrazolium se corrieron cuatro repeticiones para cada variable de acuerdo a los protocolos de ISTA.

Los análisis del estado de la viabilidad de la semilla se hicieron en base a los resultados de las pruebas de laboratorio para constatar que el proceso no afectó la viabilidad de la semilla y se hizo con las pruebas de germinación y tetrazolium de manera que se tomara en cuenta la fracción dormante de la semilla que no germina, pero se refleja por el porcentaje de firmes y por las lecturas de la prueba

de tetrazolium (TZ). Los registros de temperatura, humedad relativa del aire y contenido de humedad sirven para explicar los valores reportados de las pruebas de viabilidad conforme los protocolos aceptados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se puede observar que el contenido de humedad de la semilla que entra en el secado para el estudio del caso 1 bachada 1 indica un contenido de humedad adecuado para la cosecha de semilla de arroz el cual fue de 27 % de humedad de campo.

En relación al proceso de secado se puede señalar que los valores de flujo de aire usado en el proceso corresponden a valores muy adecuados registrándose valores de 28.5 a 45.6 metros cúbicos por segundo con velocidades del aire de 5 a 7 metros por segundo permitiendo un secado apropiado. Adicionalmente, las temperaturas de secado y humedad relativa, la cual es consecuencia de la temperatura del aire son adecuadas para permitir un secado lento que es lo indicado para no afectar la viabilidad, longevidad y vigor de la semilla.

El gradiente de secado por hora estuvo de 2.67 a 0 por ciento en la disminución de la humedad de la semilla. En general se observa valores de 1.6 a 0.5% como los prevalentes durante el secado. Esto indica secado lento. Los valores entre cero y 0.5 indican ventilación con aire sin calentar en alto flujo que produce un mínimo o nada de secado, pero que es necesario para llevar el proceso lento conservando los atributos de calidad de la semilla.

Es importante destacar que las temperaturas utilizadas para el secado de la semilla estuvieron en el rango de 30 a 37 grados Celsius, lo cual es lo indicado para no sobrecalentar la semilla y perder calidad en términos de viabilidad y vigor (ver cuadro 2)

Finalmente, la semilla se secó a un 12.5% de humedad lo cual es adecuado para almacenamiento y conservación de la semilla.

Cuadro 2. Caracterización del proceso de secado del estudio de caso 1 bachada1.

TIEMPO SECA DO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIANTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	27.18%	60.5%	57.5%	32.4°C	25.2°C	-----	6.0 m/s	34.25
1	24.51%	55.7%	54.7%	32.7°C	32.8°C	2.67%	5.9 m/s	33.68
2	23.23%	58.6%	51.0%	33.8°C	30.7°C	1.28%	6.0 m/s	34.25
3	22.21%	66.4%	49.0%	31.0°C	28.9°C	1.02%	7.0 m/s	39.96
4	20.58%	57.0%	57.0%	30.7°C	31.6°C	1.63%	5.9 m/s	33.68
5	19.18%	56.5%	48.0%	34.7°C	32.0°C	1.4%	6.5 m/s	37.11
6	19.15%	55.4%	52.5%	32.0°C	31.7°C	0.03%	6.9 m/s	39.39
7	18.30%	51.0%	47.6%	35.2°C	33.3°C	0.85%	7.0 m/s	39.96
8	17.38%	51.4%	44.8%	37.0°C	33.0°C	0.92%	8.0 m/s	45.67
9	16.42%	55.8%	50.0%	35.0°C	32.8°C	0.96%	6.0 m/s	34.25
10	16.42%	54.5%	49.0%	34.0°C	32.6°C	0%	5.0 m/s	28.54
11	15.49%	68.6%	63.8%	30.0°C	29.2°C	0.93%	6.0 m/s	34.25
12	15.27%	63.4%	59.7%	31.1°C	29.9°C	0.22%	6.5 m/s	37.11
13	14.26%	59.9%	52.8%	33.7°C	31.3°C	1.01%	7.0 m/s	39.96
14	13.74%	56.4%	52.6%	34.4°C	33.1°C	0.52%	7.5 m/s	42.81
15	13.42%	53.5%	40.3%	37.1°C	33.5°C	0.32%	6.9 m/s	39.39
16	12.59%	48.2%	48.2%	35.2°C	32.6°C	0.83%	7.9 m/s	45.10

El cuadro 3 y 4 indica que los atributos de la calidad de la semilla no se afectan en esta bachada porque los valores de viabilidad por germinación y semillas frescas (con dormancia) antes y después sobrepasan los valores establecidos en las normas oficiales en Panamá donde 80% es el mínimo. Los valores están en 86% para la bachada 1.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de las bachadas, de los tres estudios de casos antes y después del proceso de secado de las semillas.

BACHADA	CASO 1				CASO 2				CASO 3			
	N	A	F	M	N	A	F	M	N	A	F	M
1	23.5%	7%	62.5%	7%	26.5%	7.5%	55.5%	11%	12%	5%	76%	7%
2	22%	8.5%	61.5%	8%	7%	5%	79%	9%	15%	6%	73%	6%
3	27%	0%	69%	4%	23.5%	5%	62.5%	9%	12.5%	4.5%	76%	7%
4	32.5%	4%	55%	8.5%	12%	5%	74%	9%	13%	6%	75%	6%

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DESPUES DEL SECADO

BACHADA	CASO 1				CASO 2				CASO 3			
	N	A	F	M	N	A	F	M	N	A	F	M
1	13.5%	7%	72.5%	7%	56.5%	7%	28%	8.5%	14%	12%	67%	7%
2	25%	6%	59%	10%	14%	5.5%	71%	9.5%	15%	11%	65%	9%
3	27.5%	0.5%	63%	9%	31%	5.5%	58.5%	5%	10%	15%	65.5%	9.5%
4	36.5%	5%	49%	9.5%	21%	13%	55%	11%	13%	13%	65%	9%

N= PLANTULAS NORMALES A= PLANTULAS ANORMALES F=SEMILLAS FRESCAS M= SEMILLAS MUERTAS

Cuadro 4. Porcentaje de viabilidad por tetrazolium antes y después del secado de las semillas de las diferentes bachadas y estudios de caso.

BACHADA	CASO 1		CASO 2		CASO 3	
	Semillas viables	Semillas no viables	Semillas viables	Semillas no viables	Semillas viables	Semillas no viables
1	97%	3%	83%	17%	81%	19%
2	97%	3%	77%	23%	89%	11%
3	92%	8%	73%	27%	85%	15%
4	91%	9%	80%	20%	91%	9%
PRUEBA DE TETRAZOLIUM DESPUES DEL SECADO						
BACHADA	CASO 1		CASO 2		CASO 3	
	Semilla viables	Semillas No viables	Semillas viables	Semillas No viables	Semillas Viables	Semillas no viable
1	95%	5%	78%	22%	77%	23%
2	94%	6%	67%	33%	83%	17%
3	91%	9%	55%	45%	83%	17%
4	90%	10%	79%	21%	81%	19%

El cuadro 5 recoge los datos de la bachada 2 para el estudio de caso 1. La semilla entro con un 30% de humedad y el proceso sigue el mismo patrón de la bachada 1, donde el gradiente de secado por hora es bajo favoreciendo la calidad de la semilla. Los flujos de aire de secado son altos siendo lo apropiado para el secado. Las temperaturas igual que en la bachada 1 son temperaturas que no sobrecalientan la semilla y las humedades relativas del aire húmedo y seco difieren para que se dé el secado. La humedad relativa del aire seco debe ser más baja que la del aire exterior sino no ocurre el secado. La duración del tiempo de secado

fue ligeramente corta en relación a la bachada 1 que duró 16 horas y la bachada 2 terminó en 14 horas. Es importante señalar que en las facilidades del caso 1 dejan la semilla en reposo después de la jornada laboral lo que indica que son 13 horas de secado, pero interrumpidas durante las horas no laborables, esto ayuda a que el proceso sea lento y se conserve los atributos de calidad de la semilla, los cuales se puede observar en el cuadro 3 y 4.

Para la bachada 3 y 4, cuadros 6 y 7 se observa el mismo patrón de las tandas anteriores donde la semilla entra con 28 y 30% de humedad y es llevada a valores cercanos al 12% que aseguran una conservación adecuada de la calidad de la semilla en almacenamiento apropiado. Se observa también en el cuadro 6 y 7 que las temperaturas de secado y humedades relativas son las indicadas en este tipo de proceso para asegurar la viabilidad de la semilla. Los flujos de aire son similares a los de las bachadas ya descritas arriba.

En el cuadro 3 y 4 se aprecia que la viabilidad de los lotes de semilla (bachadas) caso 1, no se afecta por el proceso de secado.

Se puede inferir que el secado de la semilla de arroz en las facilidades del caso 1 son adecuadas para realizar el proceso de secado adecuado sin comprometer la calidad de la semilla.

Cuadro 5. Caracterización del secado de las semillas de la bachada 2 caso

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	30.55%	63.4%	58.5%	30.6°C	29.9°C	-----	6.0 m/s	34.25
1	28.22%	59.5%	48.1%	34.5°C	31.4°C	2.33%	7.2 m/s	41.10
2	24.35%	56.0%	44.7%	38.2°C	32.5°C	3.87%	6.9 m/s	39.39
3	23.03%	50.7%	40.0%	39.9°C	35.0°C	1.32%	5.9 m/s	33.68
4	21.37%	56.7%	45.3%	38.2°C	32.9°C	1.66%	6.0 m/s	34.25
5	20.49%	57.6%	42.7%	39.0°C	32.6°C	0.88%	7.0 m/s	39.96
6	20.07%	56.0%	43.8%	40.1°C	32.6°C	0.42%	6.5 m/s	37.10
7	17.15%	67.1%	51.3%	36.5°C	30.1°C	2.92%	7.1 m/s	40.53
8	16.73%	66.0%	56.4%	33.6°C	30.7°C	0.42%	8.0 m/s	45.67
9	15.86%	60.3%	52.7%	38.1°C	34.9°C	0.87%	8.1 m/s	46.24
10	15.45%	58.4%	45.4%	39.9°C	33.9°C	0.41%	6.5 m/s	37.10
11	14.08%	55.4%	45.4%	37.9°C	33.2°C	1.37%	6.0 m/s	34.25
12	13.66%	59.0%	43.0%	31.7°C	40.0°C	0.42%	7.0 m/s	39.96
13	13.02%	57.8%	45.6%	37.1°C	31.8°C	0.64%	7.9 m/s	45.10
14	12.47%	74.3%	64.8%	30.5°C	28.3°C	0.55%	6.9 m/s	39.39

1.

Cuadro 6. Caracterización del secado de las semillas de la bachada 3 caso 1.

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	28.16%	74.3%	61.0%	32.5°C	28.3°C	----- --	7.0 m/s	39.96
1	26.79%	58.6%	51.4%	36.2°C	32.8°C	1.37%	6.9 m/s	39.39
2	25.50%	59.6%	55.5%	34.0°C	32.8°C	1.29%	6.0 m/s	34.25
3	24.10%	60.7%	56.7%	34.7°C	32.3°C	1.4%	7.5 m/s	42.82
4	23.45%	61.1%	56.7%	33.9°C	32.2°C	0.65%	6.9 m/s	39.39
5	21.39%	69.9%	53.8%	35.6°C	30.1°C	2.06%	6.5 m/s	37.11
6	19.85%	63.6%	59.0%	32.5°C	31.8°C	1.54%	7.0 m/s	39.96
7	19.39%	61.4%	55.0%	34.0°C	32.3°C	0.46%	7.5 m/s	42.82
8	18.01%	54.5%	47.0%	36.9°C	34.7°C	1.38%	8.0 m/s	45.67
9	17.73%	59.4%	47.7%	37.8°C	33.5°C	0.28%	7.0 m/s	39.96
10	16.53%	57.0%	38.1%	44.2°C	33.8°C	1.2%	6.5 m/s	37.11
11	16.35%	60.4%	55.3%	34.4°C	32.8°C	0.18%	7.5m/s	42.82
12	15.28%	70.5%	47.0%	37.0°C	29.7°C	1.07%	6.0 m/s	34.25
13	14.29%	64.5%	46.8%	36.7°C	31.2°C	0.99%	7.0m/s	39.96
14	13.82%	63.2%	44.8%	39.8°C	31.3°C	0.47%	5.9m/s	33.68
15	12.87%	63.4%	59.3%	33.2°C	31.5°C	0.95%	6.0m/s	34.25

Cuadro 7. Estudio del secado de las semillas de arroz caso 1 bachada 4.

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	30.70%	53.8%	50.5%	34.0°C	32.9°C	-----	5.5 m/s	31.40
1	28.59%	52.7%	33.0%	41.0°C	33.4°C	2.11%	5.6 m/s	31.97
2	25.26%	73.6%	72.5%	27.2°C	27.4°C	3.33%	6.0 m/s	34.25
3	22.77%	74.8%	55.3%	29.2°C	27.3°C	2.49%	7.1 m/s	40.53
4	22.54%	69.3%	53.4%	31.2°C	29.1°C	0.23%	5.0 m/s	28.54
5	21.26%	71.2%	57.6%	30.6°C	28.9°C	1.28%	5.5 m/s	31.40
6	20.44%	68.1%	50.2%	36.2°C	30.1°C	0.82%	6.1 m/s	34.82
7	19.44%	62.4%	57.1%	33.2°C	32.4°C	1.00%	7.2 m/s	41.10
8	18.51%	61.7%	44.5%	37.3°C	31.6°C	0.93%	5.0 m/s	28.54
9	18.14%	62.4%	57.6%	32.7°C	30.7°C	0.37%	5.5 m/s	31.40
10	17.45%	68.6%	58.2%	22.1°C	29.7°C	0.69%	5.2 m/s	29.69
11	16.47%	79.0%	72.0%	29.0°C	27.9°C	0.98%	5.6 m/s	31.97
12	16.26%	69.0%	67.0%	31.0°C	29.5°C	0.21%	7.0 m/s	39.96
13	15.61%	70.0%	63.0%	30.1°C	28.8°C	0.65%	5.7 m/s	32.54
14	14.53%	74.0%	69.0%	30.3°C	28.5°C	1.08%	5.0 m/s	28.54
15	13.27%	74.0%	66.0%	28.9°C	27.8°C	1.26%	8.3 m/s	47.38
16	12.75%	74.0%	69.0%	29.3°C	28.0°C	0.52%	5.0 m/s	28.54

Los resultados para el estudio de caso 2, se muestran en los cuadros 8, 9, 10 y 11. En la primera bachada se observa que se realizó en 6 horas lo que indica que fue un proceso rápido y continuo donde la semilla sufrió disminuciones en el contenido de humedad de 1.5 a 4.4 por ciento, en contraste con el primer caso donde las gradientes de pérdida de humedad eran mucho menores resultando en un proceso más largo. Si comparamos los flujos de aire para secar se observa que en el estudio de caso 2, bachada 1, son muchos menores a los del caso 1. Los valores registrados para flujo de aire en este caso y lote de semilla es de 5 a 10.5 metros por segundo, en contraste en el caso 1 que superaba los 30 m³/s. Lo mismo ocurre para velocidad del aire de secado.

La temperatura del aire de secado está en un rango de 27 a 33.6 °C siendo temperaturas adecuadas para secado sin poner en peligro la viabilidad de la semilla. Los valores de humedad relativa (Hr) del aire exterior y el aire de secado mantienen una diferencia menor en la Hr para aire seco que húmedo, pero hay mayor amplitud en los valores del aire externo y el aire de secado llevando a un secado más rápido que en el caso 1.

Al igual que en el caso 1 los valores de humedad inicial son similares y apropiados para la cosecha de la semilla.

El cuadro 3 y 4, muestran que la viabilidad por prueba de germinación y TZ antes y después del secado esta entre 80 y 84 por ciento siendo valores dentro de la norma, pero son bajos para una semilla recién cosechada y podría indicar que este lote de semilla no almacenará por un periodo largo sin bajar la viabilidad. La prueba de TZ dio resultados similares en patrón, pero más bajo que la prueba de germinación indicando la naturaleza subjetiva de esta prueba en relación con la apreciación del analista.

Cuadro 8. Estudio del secado de semillas de arroz para el caso 2 tanda 1.

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	DE AIRE EXT	HR. DEL AIRE SECO.	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	25.0%	91%	85%	29.9°C	25.9°C	25.9°C	-----	4.6 m/s	8.85
1	22.9%	82%	65%	30.0°C	30.8°C	30.0°C	2.1%	5.5 m/s	10.59
2	20.3%	80%	72%	27.1°C	28.4°C	27.1°C	2.6%	6.5 m/s	12.51
3	15.9%	80%	72%	31.5°C	33.2°C	31.5°C	4.4%	4.9 m/s	9.43
4	15.7%	75%	62%	32.8°C	34.7°C	32.8°C	0.2%	3.0 m/s	5.7
5	13.9%	78%	54%	33.6°C	34.6°C	33.6°C	1.8%	2.6 m/s	5.0
6	12.4%	80%	64%	32.4°C	34.0°C	32.4°C	1.5%	3.0 m/s	5.77

Para la repetición 2, estudio de caso 2, cuadro 9 se aprecia claramente que el tiempo de secado se redujo a 4 horas, aunque los contenidos de humedad inicial y final de la semilla son muy similares a los casos y repeticiones analizados hasta el momento. En general el patrón descrito para la bachada 1 del caso 2 es muy parecido en sus resultados, pero habría que destacar para esta repetición secado rápido con bajo flujo de aire, lo cual no redundaría en beneficio de la calidad de la semilla como se evidencia en los datos de las pruebas de viabilidad por germinación y TZ. (Ver cuadro 3 y 4.).

Cuadro 9. Descripción del secado de semillas de arroz para la tanda 2 caso**2.**

TIEMPO SECA DO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIAN TE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSC URRIDO	VELOCID AD DEL AIRE DE SECADO	VOLUM EN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	21.6%	82%	81%	27.2°C	27.5°C	-----	1.9 m/s	3.66
1	20.7%	80%	72%	32.2°C	31.5°C	0.9%	1.4 m/s	2.69
2	19.3%	75%	62%	34.7°C	32.8°C	1.4%	1.8 m/s	3.46
3	13.6%	78%	54%	34.6°C	33.6°C	5.7%	1.5 m/s	2.89
4	11.8%	80%	64%	34.0°C	32.4°C	1.8%	1.3 m/s	2.50

Los datos de la repetición 3 cuadro 10, registra un secado de la semilla en tres horas siendo demasiado rápido con pérdida acelerada del contenido de humedad de la semilla muy altos con flujo y velocidades del aire bajos que inciden en la viabilidad y longevidad de la semilla. En términos generales esta repetición presenta el mismo patrón de la bachada anterior.

Cuadro 10. Caracterización de los secados de semillas de arroz bachada 3 caso 2.

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	34.0%	82%	81%	27.2°C	27.5°C	-----	1.9 m/s	3.66
1	29.2%	80%	72%	31.5°C	33.2°C	4.8%	1.4 m/s	2.69
2	19.3%	75%	62%	32.8°C	34.7°C	10%	1.2 m/s	2.31
3	12.0%	78%	54%	33.6°C	34.7°C	7.3%	1.5 m/s	2.89

La última repetición del caso 2 muestra un proceso muy similar a la primera repetición en términos de tiempo de secado de seis horas y comportamiento similar en temperatura y humedad relativa del proceso ya descrito anteriormente.

Cuadro 11. Estudio del secado de las semillas de arroz de la bachada 4 caso 2.

TIEMPO SECA DO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	23.0%	82%	81%	27.2°C	27.5°C	-----	1.9 m/s	3.66
1	22.35%	80%	72%	33.2°C	31.5°C	0.65%	3.5 m/s	6.74
2	22.0%	75%	62%	34.7°C	32.8°C	0.35%	2.8 m/s	5.39
3	20.35%	78%	54%	34.6°C	33.6°C	1.65%	3.5 m/s	6.74
4	18.45%	80%	64%	34.0°C	32.4°C	1.9%	3.9 m/s	7.51
5	14.8%	82%	67%	31.1°C	29.6°C	3.65%	5.0 m/s	9.62
6	12.1%	86%	86%	26.9°C	25.3°C	2.7%	6.0 m/s	11.55

Se puede inferir que en el estudio de caso 1 comparado al caso 2 difieren sustancialmente en el proceso de secado, destacándose el tiempo de secado, velocidad y volumen de aire para secar. Las temperaturas usadas para el proceso son similares.

La fuente de energía para el secado del caso 1 es gas mientras en el caso 2 es cascarilla de arroz. El tercer caso en estudio la fuente de energía es leña.

El último caso en estudio es el tres donde los datos recolectados en el cuadro 12 muestran que la semilla de la bachada 1 entro al secado con un contenido de humedad de 20.5% indicando que se retrasó la cosecha en el campo y que no fue

oportuna la recolección de la semilla, lo cual no es recomendable para la viabilidad y vigor de la misma. La duración del secado fue de siete horas para esta bachada, lo cual es un tiempo corto y significa un secado rápido. Los valores de velocidad del aire de secado son bajas, lo mismo que los volúmenes de aire los cuales van de 3.96 a 4.95 metros cúbicos por segundo. Sin embargo, el gradiente descendente del contenido de humedad de la semilla va de 0.5% a 1.7% por hora, lo cual no estaría inadecuado, pero no se observa un reposo con aire sin calentar para ralentizar el secado. Si tomamos en cuenta que la semilla entro con un contenido de humedad de 20.5% y que se da el secado en un periodo continuo y corto puede originar semilla con menor potencial de viabilidad y longevidad en almacén. Las temperaturas de secado están en un rango adecuado para no afectar la semilla negativamente (ver cuadro 3 y 4).

Cuadro 12. Descripción del secado de semillas de arroz caso 3 tanda 1.

TIEMPO SECADO (HORA)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	20.5%	87.7%	80%	28.5°C	27.7°C	-----	2.0 m/s	3.96
1	19.9%	82%	74%	28.6°C	29.6°C	0.6%	2.5 m/s	4.95
2	19.2%	79%	69%	32.2°C	28.9°C	0.7%	2.2 m/s	4.36
3	17.8%	61%	57%	34.4°C	32.7°C	1.4%	2.0 m/s	3.96
4	17.3%	60%	51%	35.5°C	32.9°C	0.5%	2.5 m/s	4.95
5	15.6%	70%	67%	32.8°C	31.6°C	1.7%	2.0 m/s	3.96
6	14.00%	79%	73%	29.4°C	29.5°C	1.6%	2.5 m/s	4.95
7	13.00%	76%	78%	29.4°C	29.4°C	1.0%	2.2 m/s	4.36

El cuadro 13 correspondiendo a datos de la bachada 2 caso 3, se puede observar que el secado es muy similar a la repetición 1 del caso 3 donde se realiza en un tiempo corto, la semilla entra al secado con un contenido bajo de humedad indicando retraso de la cosecha y los volúmenes de aire y velocidad del aire de secado son muy similares a la bachada 1. Esto no es lo adecuado para un secado que conserve la viabilidad inicial de la semilla al entrar en el proceso de secado (ver cuadro 3 y 4). Las temperatura del aire de secar están en valores bajos, pero lo señalado anteriormente no favorece la calidad de la semilla.

Cuadro 13. Comportamiento del secado de las semillas de arroz bachada 2 caso 3.

TIEMPO SECADO (HORAS)	HUMEDAD DE LA SEMILLA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIENTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRIDO	VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	20.5%	74%	67%	28.7°C	30.4°C	-----	2.0 m/s	3.96
1	20.2%	74%	60%	30.5°C	32.9°C	0.3%	2.5 m/s	4.95
2	18.2%	75%	64%	29.7°C	33.5°C	2.0%	2.2 m/s	4.36
3	15.6%	74%	63%	30.7°C	32.6°C	2.6%	2.2 m/s	4.36
4	15.3%	74%	65%	31.5°C	31.2°C	0.3%	3.0 m/s	5.94
5	13.6%	62%	55%	32.2°C	36.0°C	1.7%	2.9m/s	5.74
6	13.01%	67%	62%	30.5°C	29.5°C	0.5%	2.5 m/s	4.95

Cuadro 14. Descripción del secado de la tanda 3 caso 3 para semillas de arroz.

TIEMPO SECA DO (HORA)	HUME DAD DE LA SEMIL LA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIANTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSCURRI DO	VELOCID AD DEL AIRE DE SECADO	VOLUME N DEL AIRE M ³ /S
INICIO	18.5%	66%	60%	30.4°C	33.4°C	-----	2.0 m/s	3.96
1	16.9%	67%	59%	31.4°C	33.2°C	1.6%	2.5 m/s	4.95
2	15.7%	66%	61%	31.4°C	33.9°C	1.2%	2.2 m/s	4.36
3	14.03 %	75%	69%	31.6°C	32.4°C	1.6%	2.2 m/s	4.36
4	13.4%	73%	66%	31.4°C	30.2°C	0.6%	3.0 m/s	5.94

Para la bachada 3 caso 3 los datos reportados en el cuadro 14 muestran un secado muy rápido de cuatro horas y con una semilla que entra a secarse con 18.5% evidenciando un retraso importante en la cosecha. Los datos de las variables temperatura, velocidad del aire, flujo de aire y humedad relativa son similares a las bachadas anteriores de este caso. El cuadro 3 evidencia que en esta bachada se afectó la germinación, consecuencia de las características del proceso de secado realizado en esta bachada y quizás al retraso de la cosecha.

La última bachada para el caso 3 se observa que la semilla entró al secado con un retraso de cosecha como lo evidencia el contenido de humedad de 21.8% y el secado realizado en cinco horas siendo muy rápido. Las temperaturas empleadas son adecuadas, pero la pérdida de humedad constante sin reposo no favorece la viabilidad, vigor y almacenamiento de la semilla.

Resumiendo podemos señalar que las bachadas del caso 3 reflejan un secado rápido, con semillas que entran al secado con contenidos bajos de humedad

indicando retraso de la cosecha. Las tasas de secado son altas lo cual son bastantes uniformes en los valores decrecientes de la humedad de la semilla indicando que no hay aireación o reposo durante el secado.

Cuadro 15. Estudio del secado de las semillas de arroz caso 3 bachada 4.

TIEMPO SECA DO (HORA)	HUME DAD DE LA SEMIL LA	HR. DE AIRE EXT.	HR. DEL AIRE SECO	TEMP. AIRE SECO	TEMP. AIRE EXT.	GRADIA NTE DE SECADO SEGÚN TIEMPO TRANSC URRIDO	VELOCID AD DEL AIRE DE SECADO	VOLUMEN DEL AIRE M ³ /S
INICIO	21.8%	77%	71%	33.2°C	30.4°C	----	2.0 m/s	3.96
1	19.9%	82%	80%	30.3°C	27.9°C	1.9%	2.5 m/s	4.95
2	18.7%	77%	75%	31.9°C	30.0°C	1.2%	2.2 m/s	4.36
3	17.0%	79%	77%	29.9°C	29.6°C	1.7%	2.2 m/s	4.36
4	14.00 %	84%	81%	28.5°C	27.8°C	3.0%	3.0 m/s	5.94
5	11.3%	88%	79%	28.4°C	27.3°C	2.7%	2.9m/s	5.74

CONCLUSIONES

- El secado realizado a la semilla de arroz en las facilidades de la empresa del caso 1 difiere notablemente de los otros dos casos.
- El secado llevado a cabo en las secadoras de los casos 2 y 3 difieren en el tipo de la fuente de energía usada, pero comparten similitudes en el procedimiento relacionado a tiempos de secado, temperaturas empleadas inclusive que no difieren para el primer caso en este aspecto, semillas que entran muy secas indicando retraso de la cosecha, secados cortos en tiempos.

Los volúmenes de aire del primer caso son altos en comparación con los otros casos que usan poco flujo de aire siendo un factor clave en el secado, el mismo que usan velocidades bajas del aire de secado.

- La viabilidad de la semilla se ve afectada por secados rápidos y continuos sin reposo.
- Las temperaturas registradas en todos los casos son adecuadas para el proceso.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de este tipo que impliquen evaluar vigor de la semilla.
2. Las instalaciones deben contar con instrumental adecuado para controlar el proceso.
3. Realizar evaluaciones con semillas cosechada oportunamente y con retraso y evaluar el efecto en viabilidad, vigor y longevidad en función de las prácticas de secado.
4. Las instalaciones del caso 2 y caso 3 deben incorporar un sistema de inyección de aire en el horno para controlar la temperatura a la hora del secado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguerre, R. (1984). Secado de arroz. Recuperado el Septiembre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/236163393_Secado_de_arroz_Estudio_de_la_cinetica_y_de_las_variables_que_afectan_la_calidad_del_grano_en_la_deshidratacion

Allebrandt, F. (22 de Septiembre de 2011). Secado y almacenaje de arroz. Recuperado el Septiembre de 2020, de <https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2011/3%20-%20Kepler%20Weber%20%20Secado%20y%20almacenaje%20de%20arroz.pdf>

Camargo, I., Quiróz, E., & Salamins, B. (2014). Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://www.idiap.gob.pa/download/innovacion-tecnologica-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-arroz-en-panama/>

GNA. (2012). Secamiento de granos. Recuperado el Octubre de 2020, de https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_drying_grain_s.pdf

Lozano, J., Lorieux, M., Loaiza, M., & Scarpeta, L. (2005). Secado de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) Con silica gel para su conservación a largo plazo. Recuperado el Octubre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/318457098_Secado_de_la_semilla_de_arroz_Oryza_sativa_L_con_silica_gel_para_su_conservacion_a_largo_plazo

Marquéz, J. (2000). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Secamiento de Granos. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S00.htm#Contents>

Pacheco, G. (2016). Almacenamiento de granos. Recuperado el Octubre de 2020, de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8083/64066%20PACHECO%20ELIZARRARAS%2C%20GUILLERMO%20%20MONOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Repuestos Foster. (2020). El secado de semillas: importancia y claves. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://www.repuestosfuster.com/blog/secado-de-semillas-importancia-y-claves/>

Urbina, R. (2018). Control de Calidad en la Producción Tradicional y No Convencional de la semilla de Arroz (*Oryza sativa*). Recuperado el Octubre de 2020, de <https://lac.harvestplus.org/publications/control-de-calidad-en-la-produccion-tradicional-y-no-convencional-de-semilla-de-arroz-oryza-sativa-l/>

Valdés, Y. (Junio de 2020). Arroceros han sembrado 24 mil 589 hectáreas para la zafra 2020-2021. Recuperado el Octubre de 2020, de <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/arroceros-han-sembrado-24-mil-589-hectareas-para-la-zafra-2020-2021-1166166>

Wunder, A. (2013). Consideraciones generales del secado de semilla de arroz. Recuperado el Septiembre de 2020, de <https://es.slideshare.net/addowunder/introduccion-secado-de-semillas>

Wyrzt, F. (2008). Secado d Semilla. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://los-seibos.com/pdf/SecadoSemilla.pdf>

ANEXOS



Figura 1. Caso 1. Planta de secado fuente de energía gas.



Figura 2. Caso 2. Planta de secado de fuente de energía cascarilla de arroz.



Figura3. Caso 3. Planta de secado fuente de energía leña.



Figura 4. Establecimiento de pruebas de germinación en invernadero.



Figura 5. Conteo de semillas germinadas en el invernadero.



Figura 6. Resultado de la prueba de tetrazolium



Figura 7. Probar de humedad de la semilla. Caso 1



Figura 8. Probador de humedad de la semillas. Caso 2



Figura 9. Probador de humedad de semilla. Caso 3



Figura 10 . Probador de humedad del laboratorio comité nacional de semillas

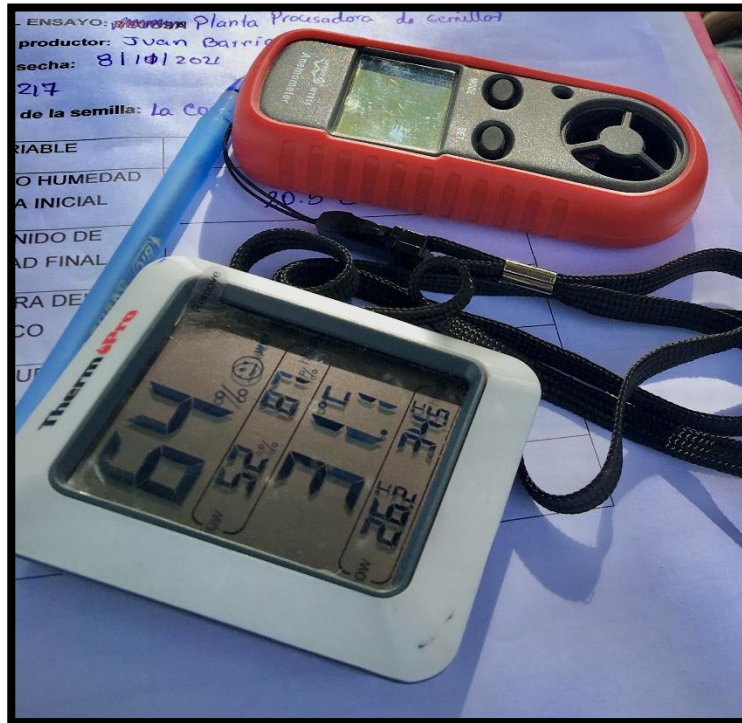


Figura 11. Higrómetro y anemómetro portátil (medidor de humedad relativa y velocidad del aire)