



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRONOMO

***“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE
SEMILLAS DE ARROZ (*Oryza sativa*) INIAP 16, EN FUNCIÓN DE
LAS ÉPOCAS DE COSECHA”***

AUTOR

Adrian Agustin Intriago Paredes

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Simón Ampuño Muñoz

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2011

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Tesis de Grado presentada al Honorable Consejo Directivo de
la Facultad de Ciencias Agrarias como requisito previo para la
obtención del título de:**

INGENIERO AGRONOMO

***“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE
SEMILLAS DE ARROZ (*Oryza sativa*) INIAP 16, EN FUNCIÓN DE
LAS ÉPOCAS DE COSECHA”***

Aprobada.

Ing. Carlos Alvarado
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

Econ. Flavio Ramos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

Ing. Milciades Fernández
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CONSTANCIA

Yo, **Ing. Arg. M. Sc. Simón Antonio Ampuño Muñoz**, Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, **CERTIFICO** que el egresado de la Escuela de Ingeniería Agronómica señor **Adrian Agustin Intriago Paredes**, bajo mi Dirección, realizó la investigación de Tesis de Grado titulada: “***EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICO DE SEMILLAS DE ARROZ (Oryza sativa) INIAP 16, EN FUNCIÓN DE LAS ÉPOCAS DE COSECHA***”.

Habiendo cumplido con todas las Disposiciones y Reglamentos legales establecidos por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para optar por el título de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Msc. Simón Ampuño Muñoz
DIRECTOR DE TESIS.

La responsabilidad de los resultados y conclusiones obtenidos en esta investigación pertenecen exclusivamente al autor.

Adrian Agustin Intriago Paredes

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi Dios, quien con sus bendiciones hizo que culminara mis logros profesionales, a mis padres Sr. Elvecio Agustín Intriago Rodríguez y la Sra. Alida Paredes Ruíz por su constancia, sacrificio. Han sido de gran apoyo para que este trabajo se cristalice, a mi esposa Verónica Janeth Rodríguez y hermanos, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

El autor desea dejar constancia de su gratitud, esfuerzos y reconocimiento a las siguientes personas e instituciones que de una u otra forma supieron apoyarme en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación:

Al único MI DIOS, quien me ha cuidado y me ha bendecido en todos los momentos con su inmenso amor, y la guía que nos brinda para cumplir con nuestras metas.

Al Ing. Agr. M.Sc. Simón Ampuño Muñoz, por brindarme la oportunidad, el apoyo y su confianza durante la realización de este trabajo de investigación bajo su supervisión, pro su dedicada labor como Director de Tesis.

Al Lcdo. M.Sc. David Campi, Director de la Escuela de Ingeniería Agronómica, por la colaboración brindada en el transcurso de nuestros años de carrera universitaria.

Al Econ. Flavio Ramos por su acertada contribución como Miembro de la Comisión de Tesis y de Diseño Experimental, quien supo extendernos la mano como maestro y amigo, durante nuestro desarrollo académico.

Al Ing. Milciades Fernández Nupia, Miembro del Tribunal de Tesis

Al Ing. Carlos Alvarado, Presidente del Tribunal de Tesis y Miembro de Redacción Técnica, por su valiosa colaboración e ideas claras durante el transcurso de nuestra carrera.

Al departamento de Semillas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP.

A mis familiares por haber sembrado en mí el interés de superación.

CONTENIDO

Índice de Cuadros	iv
Índice de Figuras.....	v
Índice de Apéndice.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Definición del Problema	1
B. Justificación	2
C. Objetivos.....	3
1. Generales	3
2. Específicos.....	3
D. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
A. Importancia de Calidad de Semillas	4
B. Calidad Fisiológica	4
C. Capacidad Germinativa y Vigor	7
D. Cosecha	9
E. Efectos del Periodo de Cosecha.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
A. Ubicación y Descripción del Campo Experimental.....	12
B. Características Agroclimáticas.....	12
C. Material Genético	12
D. Tratamientos	12
E. Diseño Experimental.....	12
F. Manejo de Experimento.....	13
1. Preparación de Suelo	13
2. Siembra.....	13
3. Control de Maleza	13
4. Fertilización	14
5. Control de Plagas y Enfermedades	14
6. La Cosecha	14
G. Datos Tomados y Formas de Evaluación	14

	a. Humedad del Grano (%)	14
	b. Rendimiento (kg ha ⁻¹)	15
	c. Peso Volumétrico (kg m ⁻³).....	15
	d. Peso de 1000 granos	15
	e. Primer Conteo de Germinación (%).....	15
	f. Germinación (%)	16
	g. Prueba en Frio (°c)	17
	h. Conductividad Eléctrica	17
	i. Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).....	17
	j. Emergencia a Campo.....	18
IV.	RESULTADOS	19
	4.1. Contenido de Humedad de la Semilla.....	19
	4.2. Rendimiento de Grano (kg ga ⁻¹)	20
	4.3. Peso Volumétrico (kg m ⁻³)	22
	4.4. Peso de 1000 Semillas (g).....	22
	4.5. Primer Conteo de Germinación (%)	24
	4.6. Germinación Estándar (%).....	25
	4.7. Prueba en Frío	27
	4.8. Conductividad Eléctrica (uScm ⁻¹ g ⁻¹)	28
	4.9. Emergencia en Campo.....	30
	4.10. Índice de Velocidad de Emergencia (ive)	31
V.	DISCUSIÓN.....	33
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
VII.	RESUMEN.....	38
	SUMMARY	40
VIII.	LITERATURA CITADA	41
IX.	ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Promedios Porcentuales de Contenido de Humedad de la semilla registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 19**
- Cuadro 2. Promedios del Rendimiento del Grano (kg ha^{-1}) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 21**
- Cuadro 3. Promedios Porcentuales de Peso Volumétrico (kg m^{-3}) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 22**
- Cuadro 4. Promedios Porcentuales de Peso de 1000 semillas (g) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 23**
- Cuadro 5. Promedios del Primer conteo de germinación (%) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 24**
- Cuadro 6. Promedios de la Germinación estándar (%) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, en la Zona de Quevedo 2008. 26**
- Cuadro 7. Promedios de la Prueba en frío ($^{\circ}\text{C}$) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de**

arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha.
Quevedo 2008..... 27

**Cuadro 8. Promedios de la Conductividad eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica
de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de
cosecha. Quevedo 2008..... 29**

**Cuadro 9. Promedios de Emergencia en campo registrados en la
evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de
arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha.
Quevedo 2008..... 30**

**Cuadro 10. Promedios del Índice de velocidad de emergencia en campo
registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica
de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de
cosecha. Quevedo 2008..... 32**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Relación entre las épocas de cosecha y el contenido de humedad de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	20
Figura 2.	Relación entre las épocas de cosecha y el rendimiento de grano de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	21
Figura 3.	Relación entre las épocas de cosecha y el peso de 1000 semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	23
Figura 4.	Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje del primer conteo de germinación de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	25
Figura 5.	Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje de germinación estándar de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	26
Figura 6.	Relación entre las épocas de cosecha y la prueba de frío de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	28
Figura 7.	Relación entre las épocas de cosecha y la conductividad eléctrica de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	29
Figura 8.	Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje de emergencia en campo de las semillas de arroz variedad INIAP-16 EET – Pichilingue, Quevedo 2008.	31

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1. Cuadrados medios de la Humedad de las Semillas, Rendimiento de Grano, Peso Volumétrico, Peso 1000 granos y Primer Conteo de Germinación.	46
Cuadro 2. Cuadrados medios de la Germinación Estándar, Prueba en Frio, Conductividad Eléctrica, Emergencia a Campo e Índice de Velocidad de Emergencia.	47

I. INTRODUCCIÓN

A. Definición del Problema.

En el Ecuador, el arroz (*Oryza sativa* L.) es el alimento principal en la dieta de la población, cuyo consumo per-capita es de 98 kg de arroz blanco por persona/año, uno de los mayores de América Latina. Datos del III Censo Nacional Agropecuario; además señala que hay 349.726 hectáreas de arroz sembradas, con un rendimiento promedio de 3.52 tm ha⁻¹ nivel de rendimiento menor al promedio regional del área andina. El 65% del área es sembrada bajo condiciones de secano y se ubican en las provincias del Guayas y Los Ríos y agrupan aproximadamente unos 75814 unidades productivas agropecuarias con productores con propiedades de menos de 10 hectáreas (VITERI, 2007).

En América Latina y el Caribe se siembra cerca de 6.7 millones de hectáreas de arroz. En esta región del mundo, los principales productores son: Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En el país, las áreas de mayor producción se encuentran las provincias del Guayas y Los Ríos en las cuales se cultiva como arroz de riego y secano.

El cultivo beneficia a numerosas familias ubicadas principalmente en los estratos socioeconómicos medios y bajos, además genera beneficios económicos a otros sectores que intervienen en el proceso de la cadena agro productiva tales como: piladores, comerciantes mayoristas y minoristas del grano, ocupando aproximadamente el 11% de la población económicamente activa del sector agrícola del país (MANZANO, 1998).

El bajo rendimiento obtenido en la producción de semillas de arroz, unido al aumento de los costos de insumos agrícolas, no permite a los agricultores tener una mejor rentabilidad en la obtención de semillas de calidad; siendo una de las causas para los bajos rendimientos de los agricultores que siembran esta gramínea en el Ecuador.

B. Justificación.

La calidad de la semilla de arroz es un factor fundamental que debe ser considerado en cualquier programa de producción agrícola, teniendo en cuenta que las características agronómicas de las variedades obtenidas por la investigación, llegan a los agricultores a través de una buena semilla.

Entre las fases de producción de semillas, el momento de la cosecha es de vital importancia, pues cuando las semillas alcanzan el punto de madurez fisiológico, ellas están desligadas de la planta madre, quedando almacenadas en condiciones de campo. Dependiendo de las condiciones climáticas, el proceso de deterioración es acelerado, con la consecuente pérdida de la calidad.

En tecnología de semillas, el estudio de la maduración intenta determinar el punto ideal de cosecha para la obtención de semillas de alta calidad. La labor de cosecha también es de fundamental importancia para la producción de semillas, la planificación y su perfecta ejecución contribuye para que una empresa productora de semillas sea exitosa, cualquier descuido en esta fase, puede ocasionar perjuicios tanto en calidad como en cantidad y dependiendo de la situación, el material cosechado no podrá ser utilizado como semilla.

Los avances tecnológicos aplicados en la producción de arroz, la demanda de semilla de arroz de alta calidad, se debería intensificar en el país, debido a la apertura comercial entre países de la Comunidad Andina. Sin embargo, actualmente la tasa de utilización de semillas certificadas es menor al 30%, por lo que para incrementar la producción es necesaria la utilización de semillas de alta calidad, asociado a prácticas agronómicas correctas. La reducción del vigor de la semilla está relacionada al proceso de deterioración causada por varios factores entre los cuales se mencionan: cosechas tardías, lluvias, secado y almacenamiento inadecuado. Las semillas deterioradas poseen baja germinación y vigor, por consiguiente tienden a producir plantas débiles con reducido potencial de rendimiento.

Se presume que lotes de semillas de arroz con diferentes niveles de calidad fisiológica presentan desempeño diferenciando en la emergencia en campo y en la fase inicial del crecimiento de las plántulas. En tal virtud se torna necesario investigar la relación existente entre las épocas de cosecha sobre la calidad de las semillas de arroz.

C. Objetivos.

1. General.

- Evaluar la calidad fisiológica de la semilla de arroz en función de las épocas de cosecha.

2. Específicos.

- Determinar la mejor época de cosecha para la producción de semillas de calidad.
- Establecer el nivel de humedad del grano para la obtención de semillas de calidad.
- Evaluar la viabilidad y vigor de la semilla, en función de las épocas de cosecha.

D. Hipótesis

- La calidad de semillas de arroz está influenciada por las épocas de cosecha.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Importancia de la Calidad de Semilla

En las actuales circunstancias de globalización y apertura de mercados se hace aún más necesaria la producción agrícola en forma eficiente y competitiva. Para ello es fundamental, entre otros aspectos, la reconversión de los sistemas productivos, mediante la innovación tecnológica, haciendo un mejor y mayor uso del conocimiento e información, para poder elevar la productividad de los cultivos de forma sostenible y enfrentar los cambios en el entorno de manera más apropiada. (QUIRÓS y CARRILLO, 2006).

Es un hecho indiscutible que la semilla de buena calidad producto de la investigación y desarrollo de variedades, representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Al tratar el tema de la calidad en semillas, en general se valoran las ventajas y beneficios que conlleva la utilización de semilla de buena calidad; sin embargo, no siempre se tiene un pleno conocimiento de los múltiples factores que determinan los atributos de calidad. En primera instancia, se podría juzgar la calidad de un lote de semillas por su apariencia física, observando su tamaño, forma, color, uniformidad, etc., pero esta valoración es insuficiente puesto que, existen otros atributos de mayor relevancia como la pureza varietal, la capacidad germinativa, la viabilidad, el vigor y la sanidad, cuya condición no se pueden determinar a simple vista (QUIRÓS y CARRILLO, 2006).

B. Calidad Fisiológica

Si bien se reconoce un comportamiento común en la formación de las semillas de diferentes especies, existen diferencias de este proceso en algunas especies. A partir de la fecundación, la primera etapa en el desarrollo de la semilla corresponde a la histodiferenciación, la segunda al crecimiento

propiamente de la semilla, también conocido como periodo de llenado de grano y, finalmente, la fase de madurez o reposo (MOLINA *et al*, 2003).

La máxima acumulación de peso seco como indicador de la madurez fisiológica establecido por SHAW y LOOMIS (1950), es probablemente el criterio más aceptado para todas las especies. En cultivos destinados a la producción de semilla, este criterio adquiere mayor importancia debido a que HARRINGTON (1972), postuló que la máxima calidad fisiológica de las semillas medida por la germinación y vigor coincide con la madurez fisiológica. No obstante, existen reportes que contradicen tal hipótesis, ya que los autores no encontraron coincidencia entre la máxima acumulación de materia seca y los máximos niveles de calidad fisiológica de la semilla; esto ha ocurrido en mijo (*Pennisetum glaucum L.*), trigo (*Triticum aestivum*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*), jitomate (*Lycopersicon esculentum L.*), chile (*Capsicum annuum L.*), arroz (*Oriza sativa L.*) y frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) (MOLINA *et al*, 2003).

La calidad fisiológica de las semillas ha sido caracterizada por la germinación y el vigor. La calidad fisiológica es generalmente evaluada por la prueba de germinación que le confiere a las semillas condiciones favorables de humedad y temperatura, permitiendo expresar el potencial máximo de un lote en producir plántulas normales. Sin embargo, esta prueba puede ser poco eficiente para indicar el desempeño de las semillas en campo, donde las condiciones no siempre son las ideales. En función de esto, se desarrolló el concepto de vigor y consecuentemente diversas pruebas han sido propuestos para evaluar de forma más precisa la calidad fisiológica (MCDONALD JUNIOR, 1975).

El vigor de las semillas puede ser entendido como la suma de atributos que confiere a la semilla el potencial para germinar, emerger y establecer rápidamente una población adecuada de plántulas normales bajo una amplia diversidad de condiciones ambientales (MARCOS FILHO, 1999). La reducción del vigor de las semillas está relacionada al proceso de deterioración causado por varios factores como: cosechas tardías, lluvias, secado o almacenamiento inadecuado. Las semillas deterioradas poseen baja germinación y vigor, y por

consiguiente tiende a producir plántulas débiles con reducido porcentual de rendimiento. Semillas con mayor vigor originan plántulas con mejor tasa de crecimiento debido a su mayor capacidad de transformación de reservas (DAN *et al* 1987).

La evaluación de la calidad fisiológica es un instrumento de significativa importancia en un programa de producción de semillas de arroz, pues el conocimiento de los diversos factores que afectan la calidad de las semillas depende de las eficiencias de los métodos utilizados. Varias son las pruebas empleadas para evaluar la eficiencia de la semilla de arroz; tales como: el primer conteo de germinación, envejecimiento acelerado, clasificación de vigor de plántulas, velocidad de emergencia, conductividad eléctrica, inmersión en agua caliente, entre otros. (MENEZES Y SILVEIRA, 1995).

Según GROTH y VERA (1979), el rendimiento de la calidad de una cosecha depende en gran parte de la semilla en que se origina. De ahí la importancia de conocer la calidad de la semilla que va ser sembrada y que es el resultado de una serie de factores relacionados a las condiciones del cultivo, con su procedimiento durante y después de la cosecha, en especial en beneficios, y las condiciones de almacenamiento.

Las semillas que no se encuentran completamente maduras pueden germinar, pero originan plántulas no tan vigorosas como aquellas que son cosechadas en un periodo corto. Las semillas son posibles de sufrir daños mecánicos durante las operaciones de cosecha y beneficio, tales operaciones deben ser ejecutadas de modo a minimizar los efectos negativos en su calidad fisiológica. (NAKAGAWA, 1999).

PESKE (1987), menciona que en un programa de producción de semillas, el periodo comprendido entre el punto de madurez fisiológica y la cosecha, debe ser seguido de varias observaciones con el objetivo de determinar la mejor época de cosecha, ya que mientras más próxima a la madurez fisiológica se

efectúe, mejores serán las posibilidades de obtener un producto de calidad, siempre y cuando no exista interferencia de otros factores.

El mismo autor menciona que para que la cosecha en un campo de producción de semillas sea procesada de forma satisfactoria, es necesario de todos los cuidados desde la implantación hasta la conducción de campo; sin lo cual no se conseguirá garantizar la calidad y cantidad de semillas.

C. Capacidad Germinativa y Vigor

La capacidad germinativa y el vigor son los principales atributos involucrados dentro del componente de calidad fisiológica en semillas. El concepto de vigor en semillas es un tanto complejo, sin embargo, en forma muy general se podría decir que, es el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo. En tanto que germinación, es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y se desarrollan a partir del embrión aquellas estructuras esenciales, para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables (QUIRÓS y CARRILLO, 2006).

La semilla presenta su más alto nivel de vigor y potencial germinativo cuando alcanza la madurez fisiológica. En este estado, la semilla tiene el máximo peso seco (ha acumulado la máxima cantidad de reservas nutritivas) y el embrión ha completado su desarrollo. A partir de este momento, se inicia el proceso de deterioro de la semilla en forma continua e irreversible, hasta perder su capacidad germinativa. El deterioro podría entenderse, como la serie de cambios que ocurren en las semillas con el transcurrir del tiempo, afectando funciones vitales por ende su desempeño hasta provocar su muerte (MARCOS FILHO, 2005).

Durante el proceso de deterioro de las semillas, el cual es influenciado por factores genéticos y ambientales, lo primero que se ve afectado es el vigor antes que la germinación. Por ello, cada vez hay más interés de estudiar y

conocer mejor los mecanismos bioquímicos relacionados con el vigor así como, la identificación e implementación de pruebas para su medición. Como se ha visto, la calidad fisiológica depende de múltiples factores, pudiendo verse afectada en cualquier fase del proceso de producción. Retrasos en la cosecha si las condiciones ambientales no son favorables situación que es común en nuestras condiciones tropicales, deficiencias en el desarrollo de los cultivos, retrasos en el secado de la semilla, daños mecánicos durante la recolección y trilla o en el procesamiento, el almacenamiento bajo condiciones desfavorables son factores que afectan la calidad fisiológica (QUIRÓS y CARRILLO, 2006).

Según QUIRÓS y CARRILLO (2006), la calidad fisiológica y concretamente el vigor y su influencia en el desempeño de las semillas, están directamente relacionadas con:

- Velocidad de germinación.
- Uniformidad de germinación, emergencia y desarrollo de la planta bajo diferentes condiciones.
- Habilidad para emerger en suelos con problemas de preparación, con altos contenidos de humedad y con patógenos
- Desarrollo morfológico normal de plántulas.
- Potencial de rendimientos de los cultivos.
- Capacidad de almacenamiento de la semilla bajo condiciones óptimas y adversas.

Según TARENTI (2004), el vigor es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando

energía para mantener sus funciones vitales. Por ello, el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad productiva para dar una planta normal y vigorosa. Antes de sembrar es necesario que la semilla esté a la altura de sus exigencias, y no perder tiempo y capital empleando semillas de mala calidad.

Para POPINIGIS (1985), la calidad fisiológica de la semilla comprende la sumatoria de atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, que afectan su capacidad para originar plantas de alta productividad. El mismo autor define a la calidad fisiológica como “la capacidad de la semilla para desempeñar funciones vitales, caracterizada por la germinación, vigor y longevidad”. Los dos componentes más importantes de la calidad fisiológica de la semilla son la viabilidad y el vigor. La viabilidad es determinada por medio de la prueba de germinación, realizada en condiciones controladas de laboratorio, obteniendo una germinación más regular, rápida y completa de las semillas de la mayoría de las especies. Y así mismo el poder germinativo o germinación es la capacidad de la semilla para producir una plántula que por las características de sus estructuras esenciales, demuestra su aptitud para dar origen a una plántula normal, bajo condiciones de campo.

La prueba de conductividad eléctrica se basa en el hecho de que la desintegración y pérdida de integridad de las membranas celulares promueven un descontrol del metabolismo, reflejándose directamente sobre la calidad fisiológica de las semillas (Días y Marcos Filho, 1995). El estado de deterioración de las semillas puede ser evaluado cuantitativa y cualitativamente por los lixiviados de las células durante la imbibición, lo que nos permite suponer que una fuerte concentración iónica en los exudados representa la presencia de membranas deterioradas.

D. Cosecha

La cosecha es una etapa importante en el proceso de la producción de semillas, debiendo ser realizado lo más rápido posible, a partir que las semillas

alcancen alto nivel de calidad. Para la mayoría de las especies, las cosechas deben ser realizadas cuando las semillas alcancen el máximo peso seco, en su llamado punto de madurez fisiológica, el cual puede coincidir o no con el máximo vigor y germinación (AFUAKWA y CROOKSTON, 1984 y MARCOS FILHO, 2005).

Según PESKE (2001), existe una variación bastante grande en el estado de madurez de las plantas y entre las semillas de una misma planta, haciendo que la humedad varíe bastante. De esta forma, la cosecha de semillas se realiza cuando la humedad está más baja, para que la variación no sea tan grande y todas las semillas estén maduras permitiendo su desgrane. Por lo tanto, la cosecha en el punto de maduración fisiológica evita la deterioración de las semillas en las extremidades de la mazorca.

Para ANDRADE *et al* (2007), el periodo de floración a maduración del grano de arroz en el trópico está entre 30 y 35 días. El arroz debe cosecharse cuando el grano está maduro, para lo cual el mejor indicador es su contenido de humedad y el color del mismo. Si se cosechan con una humedad superior al 27% se obtendrá menor rendimiento, si se lo hace por debajo del 18% habrá pérdida de granos y calidad.

E. Efectos del Periodo de Cosecha

El arroz después de alcanzar la madurez fisiológica, que ocurre en torno de 28 a 30% de humedad, permanece en el campo aguardando la reducción de humedad para ser cosechado (SOARES, 2001). Para la mayoría de las variedades, hay un consenso de que la cosechada debe ser realizada cuando los granos presentan de 20 a 22% de humedad (HESSE 1983; FERNANDEZ y AMORIN NETO, 1987).

La cosecha anticipada provoca reducción en la producción y en el desarrollo imperfecto de las semillas que se presentan con alto contenido de humedad y frecuentemente con centro blanco, es decir, con formación incompleta de

almidón en determinadas partes del endosperma. Granos yesosos además de presentar mala apariencia del producto terminado, son más débiles y se quiebran más fácilmente en las operaciones de pilado (JULIANO, 1980).

El estado de maduración también influye en la viabilidad y el vigor de las semillas de arroz para fines de siembra. El punto de completa maduración de la semilla es generalmente considerado como el momento en que ella alcanza el máximo contenido de materia seca durante la fase de desarrollo y maduración en el campo (RAJANNA y ANDREUS, 1970).

GONÇALO y MACIEL (1975), verificaron que semillas de variedad EEA- 404 alcanzaron el punto de madurez fisiológica es decir la máxima germinación, vigor y materia seca a los 32 días después de la antesis. LAGO *et al* (1997), observaron que el mejor intervalo de cosecha de la variedad de arroz IAC-4440 fue de 36 a 40 días después de la floración, destacando que las semillas cosechadas antes de la completa maduración son más leves, mal formadas y menos vigorosas, con efectos negativos en la viabilidad y potencial de almacenamiento.

Por su parte, SMIDERLE *et al* (2008), manifiestan que cosechas realizadas a los 15 y 22 días después de la floración no son las más adecuadas, pues reducen la calidad fisiológica de las semillas. Por lo tanto recomiendan que para la variedad BRS Paraima, la cosecha adecuada está comprendida entre 29 y 43 días después de la floración, cuando sus semillas presentan mayor productividad, masa seca, rendimiento de granos enteros, calidad fisiológica y potencial de almacenamiento.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Ubicación y Descripción del Campo Experimental.

La presente investigación se llevó a cabo en terrenos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP y en el laboratorio de semillas, ubicada en el Km. 5 vía Quevedo-El Empalme, en la Provincia de Los Ríos, Cantón Quevedo. La ubicación geográfica es de 01° 06' de latitud Sur y 79° 25' de latitud Oeste, con una altura de 120 metros sobre el nivel del mar.

B. Características Agroclimáticas.

Esta zona presenta clima es tropical húmedo, temperatura media anual de 24.3 °C, precipitación anual de 2252.2 mm, humedad relativa del 87 % y 894.0 horas de heliofanía de promedio anual ^{1/}. Topografía con 35% accidentada y 65% plana, textura de suelo franco, drenaje bueno, pH de 6.5 a 7.0.

C. Material Genético

El material de investigación utilizado fue la nueva semilla de arroz variedad INIAP-16 Boliche de calidad de grano superior.

D. Tratamientos

Los tratamientos en estudio correspondieron a las épocas de cosecha (6) realizados a los 25, 30, 35, 40, 45 y 50, días después de la floración.

E. Diseño Experimental

Para la investigación se utilizó el diseño Bloques Completos al Azar (BCA) con seis tratamientos y tres repeticiones, y para las comparaciones entre medias se empleó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

^{1/} Estación Metereológica "Pichilingue" INAMHI. Serie Multianual 1970 – 2000

Esquema del análisis de varianza					
F.V:		G.L.	S.C.	C.M.	F. cal
Bloques	(r-1)	2			
Tratamientos	(t-1)	5			
Error	(t-1)(r-1)	10			
Total	(tr-1)	17			

F. Manejo del Experimento

Se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas necesarias, para el buen desarrollo del cultivo, como se describe a continuación:

1. Preparación de Suelo

El suelo recibió una preparación convencional de un pase de Romplow y dos pases de rastra, con lo que se consiguió una buena soltura del suelo.

2. Siembra.

Se realizó a chorro continuo utilizando 120 kg ha^{-1} de semilla.

3. Control de Malezas

Para el control de maleza inmediatamente después de la siembra se procedió a aplicar una mezcla de los herbicidas pre-emergentes pendimetalin + oxadiazon en dosis de $3 \text{ l ha}^{-1} + 1 \text{ l ha}^{-1}$.

En post emergencia a los 25 días se aplicó cihalofop n-butyl ester en dosis de 0.8 l ha^{-1} . A los 45 y 60 días después de la siembra, se realizaron dos deshierbas manuales, para que el cultivo esté libre de malezas.

4. Fertilización

Se aplicó 120 kg ha⁻¹ (Urea), 90 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Super Fostato Triple) y 60 kg ha⁻¹ (Muriato de Potasio).

El nitrógeno se aplicó a los 20 y 45 días después de la siembra en partes iguales, el fósforo y potasio se adicionó al suelo previo a la siembra.

5. Control de Plagas y Enfermedades

Para el control de insectos del suelo se aplicó el insecticida Clorpirifos en dosis de 1 l ha⁻¹. Para el control de la quemazón (*Pyricularia grisea*) se aplicó el fungicida Propiconazole en dosis de 0,5 l ha⁻¹ a los 30 y 45 días de edad del cultivo.

6. Cosecha

Se efectuó en forma manual, de acuerdo a los tratamientos en estudio, recolectando el grano proveniente del área útil de cada parcela experimental, cuando alcanzaron la madures según los tratamientos.

G. Datos Tomados y Formas de Evaluación

Se evaluaron las siguientes variables:

a. Humedad del Grano (%)

La humedad del grano se determinó inmediatamente después de cada cosecha, empleando un determinador de humeada marca STENTLITE modelo SB 900. Los datos fueron expresados en porcentaje.

b. Rendimiento (kg ha⁻¹).

Se obtuvo determinado por el peso de los granos provenientes en el área útil de cada parcela experimental, y se ajustó al 14% de humedad y su peso se lo transformó a kilogramos por hectárea; empleando la siguiente fórmula para ajustar los pesos:

$$Pu = \frac{Pa(100 - hi)}{(100 - hd)}$$

Donde:

Pu: Peso uniformado

Pa: Peso actual

ha: Humedad inicial

hd: Humedad deseada

c. Peso Volumétrico (kg m⁻³).

Para esta evaluación se utilizó una balanza hectolítrica marcas Ohaus, con capacidad de 1 litro de semillas, y los datos se expresó en unidad de masa por volumen.

d. Peso de 1000 Granos

En cada parcela experimental se tomó al azar 1000 granos, separando los granos dañados por insectos o enfermedades; luego se pesó en una balanza de precisión y su promedio se expresó en gramos.

e. Primer conteo de Germinación (%).

Para su determinación se utilizó cuatro submuestras de 50 semillas por cada tratamiento. La evaluación se realizó a los siete días de su instalación, los resultados fueron expresados en porcentaje de plantas mayores de 5cm.

Las semillas fueron colocadas en rollos de papel toalla, previamente humedecido con agua destilada, colocados en la cámara de germinación a una temperatura de 25° C.

Los rollos para la prueba se realizaron de la siguiente manera:

1. Se colocó en la mesa o una superficie plana, una hoja de papel toalla (40x30cm), previamente humedecida con agua destilada.
2. Luego se colocaron las semillas sobre papel, en forma que estas queden bien distribuidas, dejando márgenes en los bordes.
3. Después se colocó otra hoja de papel humedecido igualmente como el primero encima de las semillas, quedando estas en medio de los papeles.
4. Una vez realizados estos pasos, se procedió a doblar los costados de los papeles (largo y ancho) para luego doblar todo el papel, formando rollos.
5. Luego se introdujeron en fundas plásticas, para evitar que pierdan la humedad, con sus respectivas identificaciones.
6. Después se colocaron en el germinador a la temperatura antes mencionada.

f. Germinación (%)

Se procedió a efectuar este procedimiento conjuntamente con la prueba de germinación, realizándose su evaluación a los catorce días. Los resultados se expresaron en porcentaje, con base al número de plántulas normales para cada tratamiento.

g. Prueba en Frio (°C)

Para la conducción de esta prueba fueron utilizadas cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento.

El substrato que se utilizó fue igual para la prueba de germinación, pero antes de enrollarlas se distribuyó sobre las semillas y el papel una fina porción de suelo de un lote que habían sido cultivados con arroz.

Los rollos fueron introducidos en el germinador a 10 °C durante siete días, transcurrido este periodo, fueron transferidos a un germinador a 25 °C, donde permanecieron durante cinco días hasta la emergencia de las plántulas. Los resultados se lo expresó considerando a las plántulas normales.

h. Conductividad Eléctrica

Muestras de 50 semillas de cada tratamiento fueron pesadas en una balanza de precisión (0.01g) y colocadas para embeber en un recipiente (vaso plástico) conteniendo 75 ml. de agua destilada. Las semillas fueron mantenidos *sumergidas* en cámara a una temperatura de 24°C / 24 horas. Después de ese periodo se procedió a realizar la lectura de la conductividad eléctrica en la solución de imbibición, a través de un conductivímetro. Los resultados fueron expresados en $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

i. Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Se determinó conjuntamente con la emergencia de plántulas en campo. Después de la instalación de esta prueba, se efectuó observaciones diarias hasta el momento en que la primera plántula emerja del suelo, a partir de ahí se contaron diariamente el número de plantas hasta que alcancen un estado de crecimiento pre-establecido en cada tratamiento.

El índice de velocidad de emergencia se calculo en base de la siguiente fórmula:

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn.$$

Donde:

IVE = Índice de Velocidad de Emergencia

E1 = Número de plántulas emergidas en el primer conteo

E2 = Número de plántulas emergida entre el primero y el segundo conteo

En = Número de plántulas emergidas entre el penúltimo y el último conteo

N1, N2 y Nn = Números de días transcurrido desde la siembra hasta el primero, segundo y último conteo, respectivamente.

j. Emergencia a Campo

Se empleó 150 semillas por cada tratamiento, en tres repeticiones de 50 semillas. Cada repetición se la sembró en un surco de cuatro metros de longitud a una profundidad de 3 a 4 cm. Se efectuó el control de insectos plagas. El conteo de plántulas emergidas se realizó entre los 15 a 18 días después de la siembra.

IV. RESULTADOS

4.1. Contenido de Humedad de las Semillas.

En el Cuadro 1 se presentan los promedios porcentuales del contenido de humedad de la semilla de arroz al momento de la cosecha.

Las semillas cosechadas a los 25 días después de la floración (ddf) presento el mayor contenido de humedad 23%, estadísticamente igual al tratamiento 30 ddf con 19,37%, y superiores estadísticamente a las demás cosechas realizadas a los 35, 40, 45 y 50 ddf; con porcentajes de humedad entre 10.1 y 15.5; siendo el de menor contenido las semillas cosechadas a los 45 ddf.

El análisis de varianza (Cuadro 1, del Anexo), presentó alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 9,5%.

Cuadro 1. Promedios de contenido de humedad de la semilla registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha, Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Contenido de Humedad de las semillas (%)
25	23,0 a
30	19,3 ab
35	15,4 bc
40	14,9 cd
45	11,0 de
50	10,1 e
Promedio	15,6
CV (%)	9,5
Significancia estadística	**

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Realizado el análisis de correlación entre las variables porcentaje de humedad de la semilla y épocas de cosecha se observa que existe una correlación de tipo polinómica como la mejor curva de ajuste, con un valor r de -0.98944 , que muestra alta significancia y presenta un coeficiente de determinación de 97.9% que significa que la humedad de la semilla es atribuible a la época de cosecha.

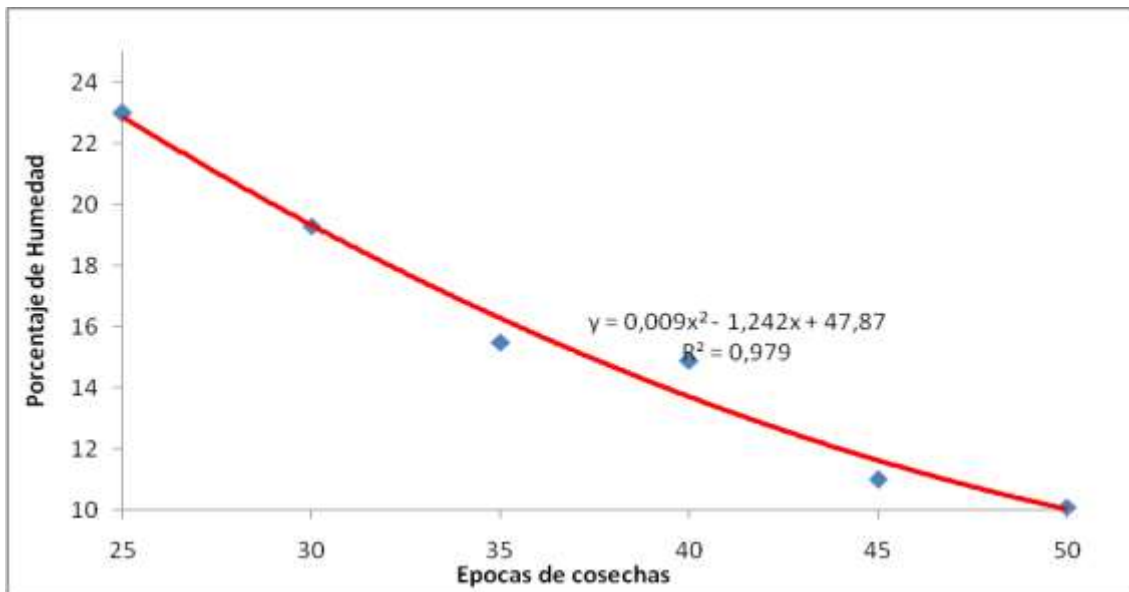


Figura 1. Relación entre las épocas de cosecha y el contenido de humedad de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.2. Rendimiento del Grano (Kg ha^{-1})

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de rendimiento de grano (Kg ha^{-1}) en función de las épocas de cosecha.

Se observa que el mayor rendimiento de grano se obtuvo cuando la cosecha fue realizada a los 25 ddf, sin diferir estadísticamente de las demás épocas que presentaron rendimientos que fluctuaron entre 2833 Kg ha^{-1} a 3447 Kg ha^{-1} .

El análisis de varianza (Cuadro 2, del Anexo) no presentó significancia estadística, siendo el coeficiente de variación de $12,3\%$.

Cuadro 2. Promedios de rendimiento del grano (kg ha⁻¹) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Rendimiento del Grano (kg ha ⁻¹)
25	3454 a
30	3448 a
35	3231 a
40	3139 a
45	3073 a
50	2833 a
Promedio	3196
CV (%)	12,3
Significancia estadística	N.S.

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El análisis de correlación entre el rendimiento de grano y las épocas de cosecha muestra una correlación de tipo polinómica negativa como la de mejor curva de ajuste, con un valor r de - 0.980663, que muestra alta significancia estadística entre la variables y presenta un coeficiente de determinación que indica que el 96.17 % del peso del grano puede ser atribuible a la época de cosecha.

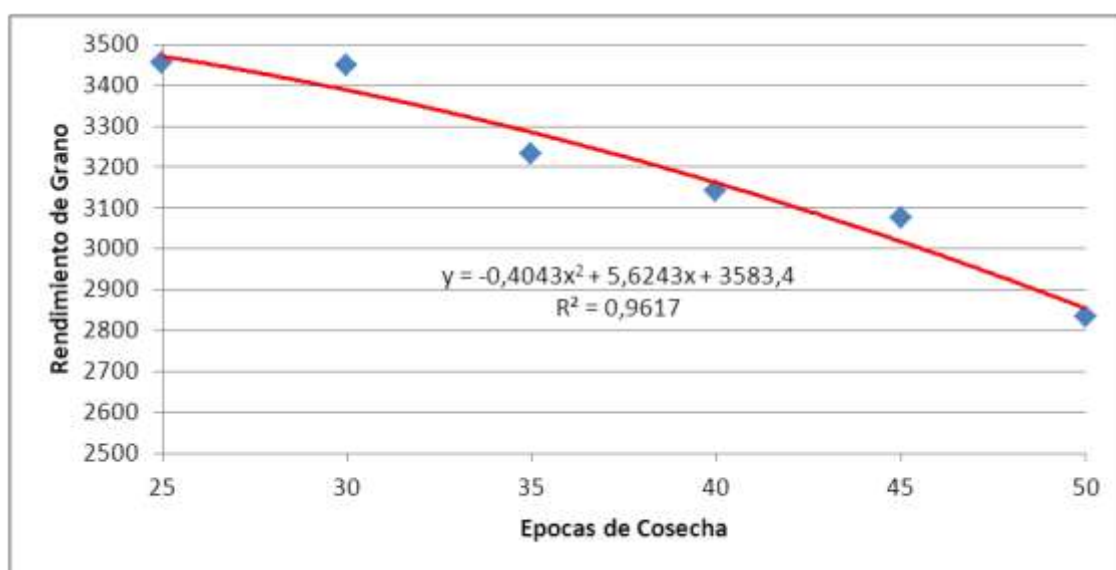


Figura 2. Relación entre las épocas de cosecha y el rendimiento de grano de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.3. Peso Volumétrico (kg m⁻³)

En el Cuadro 3, se presentan los promedios de la variable Peso Volumétrico. Se observa que el mayor valor 56.1 kg/m³ se obtuvo cuando la cosecha se realizó a los 30 ddf, sin diferir estadísticamente de las demás épocas de cosecha, que registraron promedios entre 54.9 y 55.9 kg m⁻³.

El análisis de varianza (Cuadro 1, del Anexo) no determinó significancia estadística entre las épocas de cosecha. El coeficiente de variación fue de 1,35%.

Cuadro 3. Promedios de Peso Volumétrico (kg m⁻³) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Peso Volumétrico (kg m ⁻³)
25	55,9 a
30	56,1 a
35	55,7 a
40	54,4 a
45	54,8 a
50	54,9 a
Promedio	55,3
CV (%)	1,35
Significancia estadística	N.S.

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.4. Peso de 1000 Semillas (g)

En el Cuadro 4 se indican los promedios del peso de 1000 semillas. Cuando la cosecha se realizó a los 25 ddf se alcanzó el mayor valor 32,3 g, estadísticamente igual a las restantes cosechadas realizadas con pesos entre 29.9 g y 30.4 g superior estadísticamente a la cosecha efectuada a los 50 días que registró el menor peso 23.7g.

El análisis de varianza (Cuadro 1, del Anexo) presentó significancia estadística para épocas con un coeficiente de variación de 7,51%.

Cuadro 4. Promedios de Peso de 1000 semillas (g) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Peso de 1000 Semillas (g)
25	32,4 a
30	29,7 ab
35	30,4 a
40	29,1 ab
45	29,9 a
50	23,7 b
Promedio	29,2
CV (%)	7,51
Significancia estadística	*

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

La variable peso de 1000 semillas versus épocas de cosecha muestra una correlación de tipo polinómica negativa como la mejor curva de ajuste, con un valor r de -0.857613, que muestra alta significancia entre las variables y presenta un coeficiente de determinación que indica que el 73.55 % del peso de las 1000 semillas puede deberse a la época de cosecha.

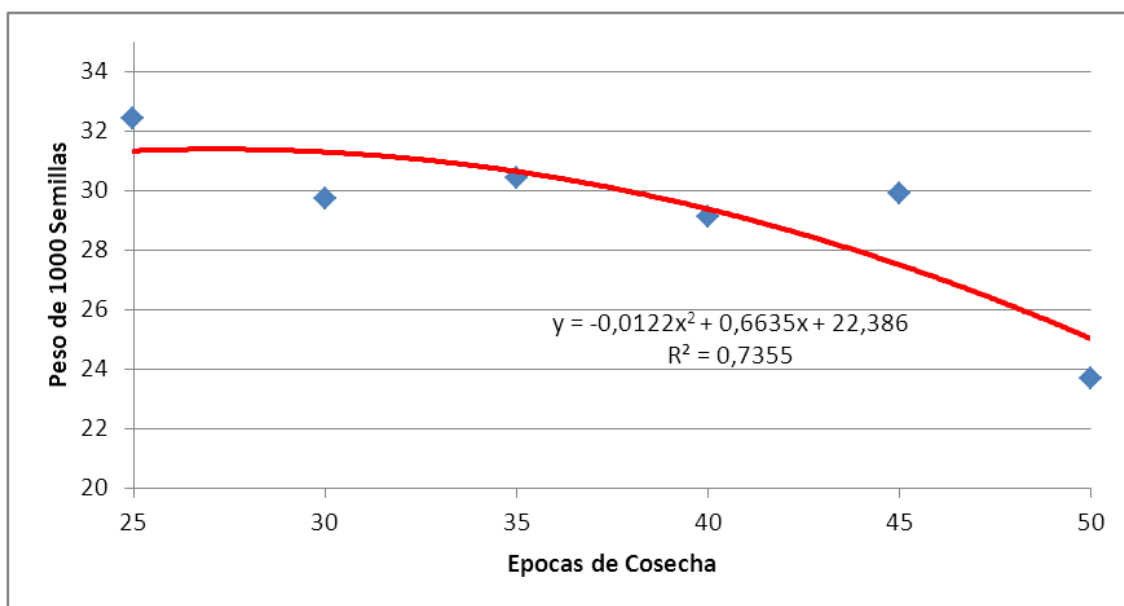


Figura 3. Relación entre las épocas de cosecha y el peso de 1000 semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.5. Primer Cuento de Germinación (%).

Los promedios de la variable del primer conteo de germinación se presentan en el Cuadro 5.

Se observa que el mayor porcentaje de semillas germinadas 90.3% se obtuvo cuando la cosecha fue realizada a los 25 ddf, seguido de las cosechas realizadas a los 30 ddf y 35ddf con valores de 81,7% y 75,3% superiores estadísticamente a los restantes tratamientos que alcanzaron promedios porcentuales de 54.7 y 70.3%.

El análisis de varianza (Cuadro 1, del anexo) presentó significancia estadística entre las épocas de cosecha, con un coeficiente de variación de 8,03%.

Cuadro 5. Promedios del Primer conteo de germinación (%) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Primer Cuento de Germinación (%)
25	90,3 a
30	81,7 ab
35	75,3 abc
40	70,3 bcd
45	54,7 d
50	64,0 cd
Promedio	72,7
CV (%)	8,03
Significancia estadística	*

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Realizada la correlación entre el primer conteo de germinación y las épocas de cosecha se observa una correlación de tipo polimial negativa, con un valor $r = -0,939574$, con alta significancia entre la variables, con un coeficiente de determinación que indica que el 88.28 % de la germinación puede ser explicado por la época en que se cosechó.

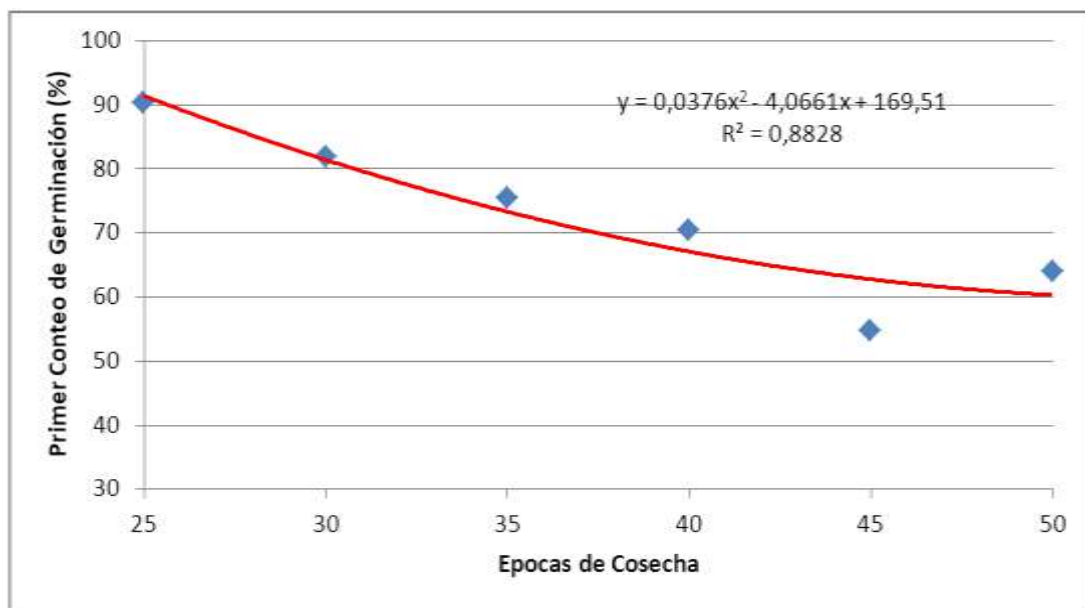


Figura 4. Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje del primer conteo de germinación de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.6. Germinación Estándar (%)

Los promedios porcentuales de la variable germinación estándar (14 días), se presentan en el cuadro 6.

El porcentaje de germinación más alto se obtuvo cuando la cosecha se realizó a los 25 ddf con 97%, sin diferir estadísticamente de las demás épocas de cosecha, que germinaron entre los 88.7 y 93.3%. Excepto la cosecha realizada a los 50 ddf que registro 86.3% de germinación.

El análisis de varianza (Cuadro 2, del Anexo) mostró significancia estadística para tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,8%.

Cuadro 6. Promedios de la Germinación estándar (%) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Germinación Estándar (%)
25	97,0 a
30	93,3 ab
35	90,7 ab
40	90,3 ab
45	88,7 ab
50	86,3 b
Promedio	91,1
CV (%)	3,8
Significancia estadística	*

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El análisis de correlación entre el porcentaje de germinación estándar y las épocas de cosecha muestra una correlación lineal con pendiente negativa con alta significancia estadística, un coeficiente r de - 0.980663, y presenta un coeficiente de determinación que indica que el 96.17 % del peso del grano puede ser atribuible a la época que afecta la cosecha.

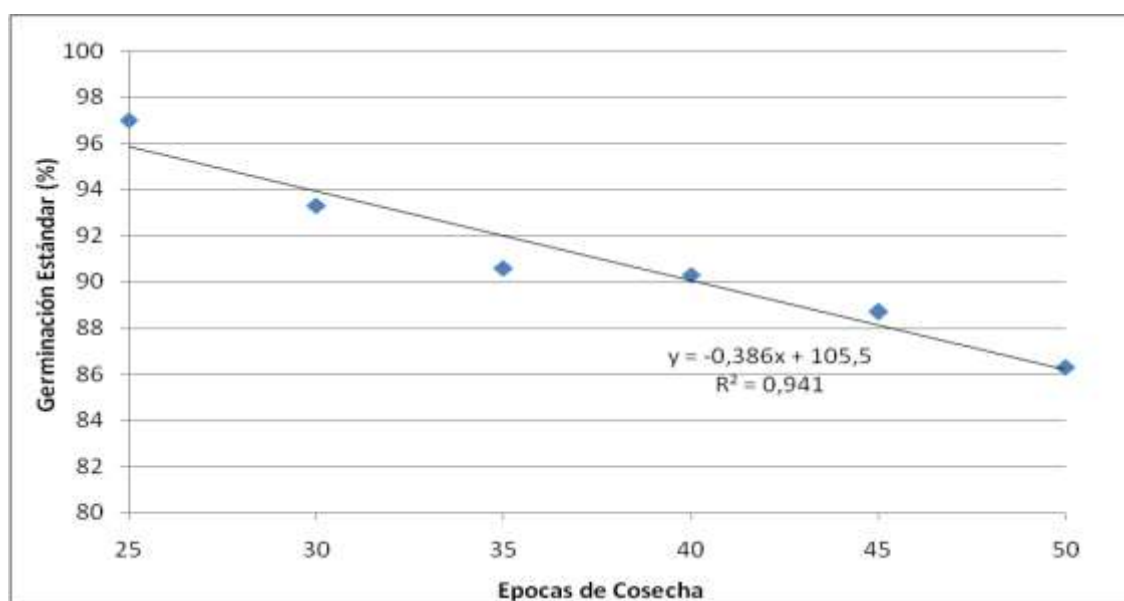


Figura 5. Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje de germinación estándar de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.7. Prueba en Frío

Los promedios de la prueba de frío se presentan en el Cuadro 7, se registró el mayor porcentaje de germinación de las semillas cosechada a los 25 ddf con 83%, diferente y superior estadísticamente a las demás épocas de cosecha que presentaron valores que fluctuaron entre 42% (30 ddf) a 64,3% (50 ddf).

Según el análisis de varianza (Cuadro2, del Anexo) se obtuvo alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 8,98%.

Cuadro 7. Promedios de la Prueba en frío (°C) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Porcentaje de Germinación (%)
25	82,7 a
30	64,3 b
35	61,0 bc
40	51,3 bcd
45	47,3 cd
50	42,3 d
Promedio	58,2
CV (%)	8,98
Significancia estadística	**

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El análisis de correlación entre el porcentaje de prueba de frío y las épocas de cosecha muestra una correlación lineal con pendiente negativa y con alta significancia estadística con un coeficiente de correlación de - 0.9621279, y uno de determinación que indica que el 92.56 % del porcentaje de germinación puede ser atribuible a la época de cosecha.

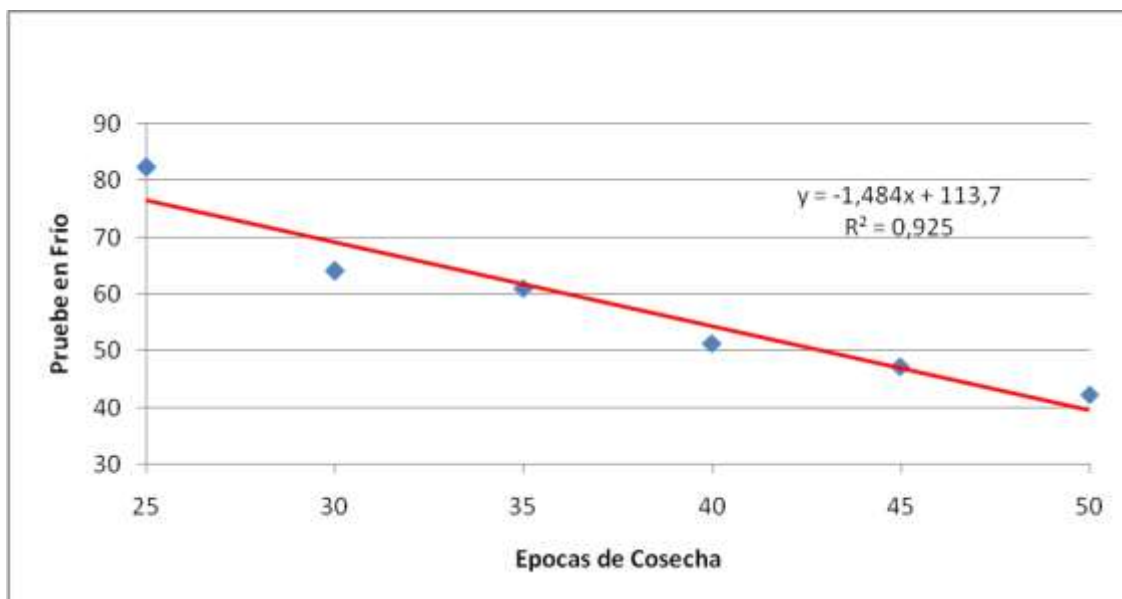


Figura 6. Relación entre las épocas de cosecha y la prueba de frío de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.8. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)

En el cuadro ocho se presentan los promedios de la prueba de conductividad eléctrica la cual está basada en la integridad de las membranas.

Se observa que las semillas cosechadas a los 50 ddf presentaron $35.0 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ estadísticamente igual a la cosechada de 45 ddf, con 32.0; pero superior estadísticamente a las cosechas realizadas a los 25, 30, 35 y 40 ddf, que alcanzaron valores de conductividad eléctrica entre 21.8 y 29.4; siendo la de menor valor la cosechada a los 25 ddf.

El análisis de varianza (Cuadro 2, del Anexo) presentó alta significancia, estadística con un coeficiente de variación de 6,02%.

Cuadro 8. Promedios de la Conductividad eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

EPOCAS DE COSECHA (DDF)	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
25	21,8 d
30	25,0 cd
35	25,1 cd
40	29,4 bc
45	32,0 ab
50	35,0 a
Promedio	28,2
CV (%)	6,02
Significancia estadística	**

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El análisis de regresión y correlación realizado entre la variable de conductividad eléctrica y las épocas de cosecha evidenció una tendencia de tipo lineal con pendiente positiva con alta significancia estadística, con coeficientes r de $-0,9847842$, y uno de determinación, que indica que el $96,98\%$ de conductividad eléctrica puede ser atribuible a la época de cosecha.

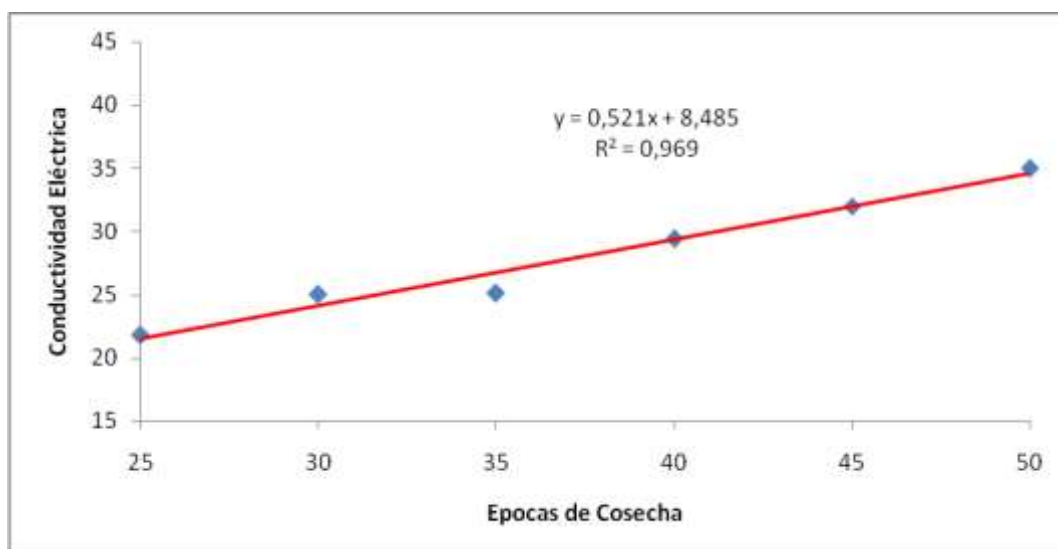


Figura 7. Relación entre las épocas de cosecha y la conductividad eléctrica de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.9. Emergencia en Campo

Los promedios la variable emergencia en campo se presenta en el Cuadro 9.

El mayor porcentaje de Emergencia en campo se obtuvo cuando las semillas fueron cosechadas a los 25 ddf con un valor de 81,3%, superior estadísticamente a las semillas de las demás épocas de cosecha que emergieron entre 46.7% (50 ddf) y 72,7% (30 ddf).

El análisis de varianza (Cuadro 2, del Anexo) presentó alta significancia estadística entre las épocas de cosecha. El coeficiente de variación fue de 2,9%.

Cuadro 9. Promedios de Emergencia en campo registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Emergencia en Campo (%)
25	81,3 a
30	72,7 b
35	61,3 c
40	54,0 d
45	51,3 de
50	46,7 e
Promedio	61,2
CV (%)	2,90
Significancia estadística	**

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El análisis de correlación realizado entre la variable porcentaje de emergencia en campo y las épocas de cosecha evidenció una tendencia de tipo polimial con alta significancia estadística y coeficientes r de -0.9847842, y de determinación que indica que el 99,2 % de conductividad eléctrica puede ser atribuible a las épocas de cosecha.

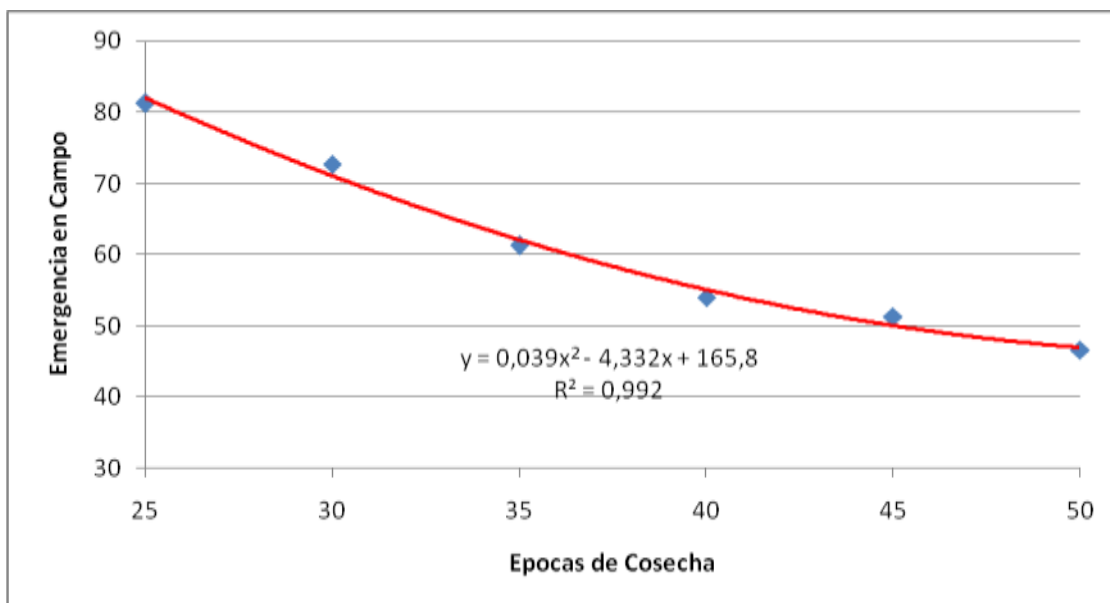


Figura 8. Relación entre las épocas de cosecha y el porcentaje de emergencia en campo de las semillas de arroz variedad INIAP-16. EET – Pichilingue, Quevedo 2008.

4.10. Índice de Velocidad de Emergencia (ive)

En el Cuadro 10, se presentan los promedios del Índice de velocidad de emergencia en campo, en función de las épocas de cosecha de arroz.

El mayor valor se obtuvo cuando la cosecha se realizó a los 25 ddf (7,4), sin diferir estadísticamente de las demás épocas de cosecha, con índices de velocidad de emergencia en campo entre 6.0 y 7.2; siendo menor con la semillas de 50 ddf.

El análisis de varianza (Cuadro 2, del Anexo) no mostró significancia estadística entre las épocas de cosecha. El coeficiente de variación fue de 18,1%.

Cuadro 10. Promedios del Índice de velocidad de emergencia en campo registrados en la evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas de arroz INIAP 16, en función de las épocas de cosecha. Quevedo 2008.

Épocas de Cosecha (ddf)	Índice de Velocidad de Emergencia en Campo
25	7,4 a
30	7,2 a
35	6,6 a
40	6,4 a
45	6,1 a
50	6,0 a
Promedio	6,6
CV (%)	18,1
Significancia estadística	N.S.

* Medias con letras iguales no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

V. DISCUSIÓN

El contenido de humedad de las semillas obtenidas en la primera cosecha a los 25 días después de la floración (ddf) fue entre 3.7 y 12.9% más alto que las cosechas retrasadas entre los 30 y 50 días, disminuyendo progresivamente en forma natural en 12.9 puntos porcentuales hasta los 45 días después de la floración, incrementándose en 5.4 puntos porcentuales en la cosecha realizada a los cincuenta días después de la floración, lo cual probablemente se debió a las fluctuaciones de humedad del ambiente natural en el campo, siendo estos resultados similares a los obtenidos por LAGO *et al* (1997) quien estudiando épocas de cosecha sobre la calidad de las semillas de arroz obtuvieron intervalos de humedad del grano a la cosecha entre 18,3 a 26,2 por ciento. Cabe indicar adicionalmente que el contenido de humedad de las semillas cosechadas a los 25 ddf 23,0%, está dentro de los rangos establecidos para la mayoría de las variedades. Además, hay un consenso de que la cosecha debe ser realizada cuando los granos presentan de 20 a 22% de humedad (HESSE, 1983).

El peso volumétrico de las semillas de arroz no presentó diferencias estadísticas significativas entre la cosechas evidenciando el hecho que después que estas alcanzan la madurez fisiológica quedan expuestas a la intemperie del tiempo y sujetas a perder sus reservas nutricionales mediante lixiviación de los nutrientes de las semillas para el medio.

El peso de las 1000 semillas fue superior cuando cosechadas entre 25 y 45 ddf, disminuyendo significativamente en la cosecha a los 50 ddf, lo que explica una tendencia de reducción del peso de las semillas (g) por cada día que se atrasa la cosecha.

La calidad fisiológica de las semillas determinada por la prueba del primer conteo de germinación, indicó que más del 80% de las semillas germinaron hasta el quinto día de evaluación cuando la cosecha fue realizada a los 25 y 30 días después de la floración, disminuyendo significativamente en la medida en

que las semillas permanecían en el campo esperando ser cosechadas. Esta situación coincide con DÍAS (2001), quien indica que la prueba de primer conteo de germinación es considerada como un indicativo de vigor y que durante el proceso de deterioración de las semillas, la reducción de la velocidad de germinación es evidente.

La germinación estándar presentó promedios superiores a 85% en todas las épocas de cosecha, siendo el mínimo establecido por la Ley de Semillas del Ecuador de 80%. No obstante, se observó una disminución en la capacidad germinativa, debido fundamentalmente al retraso de la cosecha y al avance del proceso de deterioración de las semillas.

La prueba de frío, permitió detectar diferencias en la determinación del vigor en semillas de arroz. La primera cosecha 25 ddf presentó valores de germinación altas disminuyendo significativamente a partir de la segunda cosecha 30 ddf, hasta presentar pérdida de vigor en 40.4% en la sexta cosecha 50 ddf. Según MARCOS FILHO (1999), la prueba de frío puede funcionar como un instrumento de gran valor para la selección previa de lotes de semillas que presenten buen potencial de emergencia en suelos fríos y húmedos.

La prueba de conductividad eléctrica realizadas a las semillas de arroz cosechadas a los 25 ddf presentaron niveles bajos de electrolitos lixiviados, incrementándose conforme las semillas permanecieron expuestas en el campo, sometidas a condiciones del tiempo (atmosféricos) por causa del retraso en la cosecha. La detección de un bajo nivel de electrolitos en los exudados, es un indicativo de una buena integridad de las membranas.

La emergencia en campo y el índice de velocidad de emergencia, presentaron la misma tendencia, observándose que las semillas cosechadas a los 25 días después de la floración presentaron los mayores valores, disminuyendo conforme sufrieron retraso en la cosecha.

El rendimiento de grano en todos los tratamientos estudiados no presentaron diferencia estadística, observándose una reducción de 621 Kg entre la primera y la última cosecha, por lo que podríamos afirmar que las épocas de cosecha no influyeron en el rendimiento.

Los diferentes periodos de cosecha mostraron efectos negativos en los porcentajes de germinación estándar, en el primer conteo de germinación, en la prueba en frío (°C) y en el porcentaje de emergencia en campo conforme se retrasa la cosecha, debido probablemente a las condiciones agroclimáticas adversas durante la maduración de las semillas en las plantas madres y al estado de maduración que también influye en la viabilidad y el vigor de las semillas de arroz para fines de siembra. Estos resultados se contradicen con lo indicado por LAGO *et al* (1991) quienes observaron que el mejor intervalo de cosecha de la variedad de arroz IAC-4440 fue de 36 a 40 días después de la floración, destacando que las semillas cosechadas antes de la completa maduración son más leves, mal formadas y menos vigorosas, con efectos negativos en la viabilidad y potencial de almacenamiento.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos se plantean las siguientes conclusiones:

- El contenido de humedad de la semilla fue mayor en cosechas tempranas 25 días después de la floración (ddf) 12% más que las cosechadas a los 40 ddf.
- El peso volumétrico no se vió afectado significativamente cuando se adelanta o retrasa la cosecha.
- La germinación estándar, primer conteo de germinación, conductividad eléctrica, emergencia a campo presentaron efectos negativos con el retraso en la cosecha.
- La calidad fisiológica de las semillas fue mejor cuando se cosecho entre los 25 y 30 ddf.
- La prueba de frío permitió determinar que cosechas a los 25 ddf presentan altos porcentajes de germinación disminuyendo a medida que se retrasa la cosecha.
- El retraso en la cosecha contribuyó a aumentar la deterioración de las semillas en el campo.

Se recomienda:

- Cosechar el arroz de la variedad INIAP-16 Boliche entre los 25 y 30 (ddf), para evitar la pérdida de peso del grano que se traduce en la disminución del rendimiento.
- Cosechar las semillas de arroz con contenidos de humedad de 19 a 23%, para reducir la pérdida de la calidad fisiológica de las semillas.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó desde los meses de febrero a junio del 2008 en el los Terrenos y Laboratorio del Departamento de Producción de semillas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, localizada en el km 5 de la vía Quevedo - El Empalme, en la Provincia de Los Ríos, Cantón Quevedo, bajo las coordenadas 79° 25' de Longitud Occidental y 1° 6' de Latitud Sur. Con una temperatura media de 24,3 °C, una humedad relativa del 87%, y precipitación media anual de 2252,2 mm, sus suelos son de textura franco arenosa, con un PH de 6,5 a 7,0.

EL objetivo fue evaluar la calidad fisiológica de la semilla de arroz en función de las épocas de cosecha. Obtener la mejor época de cosecha para la producción de semillas de calidad. Establecer el nivel de humedad del grano para la obtención de semillas de calidad. Evaluar la viabilidad y vigor de la semilla, en función de las épocas de cosecha.

Como material de siembra se empleó semilla arroz de la variedad INIAP-16 Boliche. Los tratamientos consistieron en seis épocas de cosecha 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días después de la floración (ddf). Se empleó el diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA) en tres repeticiones, utilizando la prueba de Tukey al 95% de pro validad para la comparación de medias.

Se evaluó las variables: contenido de humedad de las semillas, rendimiento del grano, peso volumétrico, peso de 1000 semillas, primer conteo de germinación, germinación estándar, prueba en frio, conductividad eléctrica, emergencia en campo e índice de velocidad de emergencia. Se concluyó que el contenido de humedad de la semilla fue mayor en cosechas tempranas a los 25 días después de la floración (ddf) 12% más que las cosechadas a los 40 ddf mientras que el peso volumétrico no se vió afectado significativamente cuando se adelanta o retrasa la cosecha. Se observó que la germinación estándar, primer conteo de germinación, conductividad eléctrica, emergencia a campo presentaron efectos negativos con el retraso en la cosecha, se determinó que

la calidad fisiológica de las semillas fue mejor cuando se cosechó entre los 25 y 30 ddf. La prueba de frío permitió determinar que cosechas a los 25 ddf presentan altos porcentajes de germinación, disminuyendo a medida que se retrasa la cosecha. Y el retraso en la cosecha contribuyó a aumentar la deterioración de las semillas en el campo.

SUMMARY

This research was conducted from February to June 2008 in the Laboratory of the Department of Seed Production of the Experimental Station of Tropical Pichilingue INIAP, located in the 5 km route Quevedo - El Empalme, Province Los Rios Quevedo Canton, under the coordinates 79 ° 25 'West Longitude and 1 6' South Latitude. With an average temperature of 24.3 ° C, relative humidity 87%, and average annual rainfall of 2252.2 mm, the soils are sandy loam with a pH of 6.5 to 7.0.

The objective was to evaluate the physiological quality of rice seed based on the harvest season. Get the best time to harvest for the production of quality seeds. Set the grain moisture level to obtain quality seeds. Assess the viability and vigor of the seed, depending on the harvest season.

As planting material was used rice seed-16 Bowling INIAP. The treatments consisted of six harvest times (25, 30, 35, 40, 45 and 50 days after flowering, DAF). Experimental design was used Randomized Complete Block (RCB) with three replications, using the Tukey test at 95% of pro validity for comparison of means.

Variables were evaluated: moisture content of seeds, grain yield, volume, weight of 1000 seeds, germination first count, standard germination, cold test, electrical conductivity, field emergence and emergence speed index. It was concluded that the moisture content of seed was higher in early harvest 25 days after flowering (daf) 12% more than those harvested at 40 (ddf), while the volumetric weight was not affected significantly when forward or delay the harvest is observed that the standard germination, first count germination, electrical conductivity, seedling emergence showed negative effects with delayed harvest, it was determined that the physiological quality of seeds was better when harvested between 25 and ddf 30. The cold test, determining that the 25 ddf crops have high germination rates decline as harvest is delayed. And the delay in harvest contributed to increasing deterioration of the seeds in the field.

VIII. LITERATURA CITADA

AFUAKWA. J. ; CROOKSTON, R. 1984. Using the kernel mick line to visually monitor grain matority in maize Crop Science, Madison, 24 (4): 687 – 691.

ANDRADE, E. F.; RONQUILLO, S.; HURTADO, D. J. 2007. Cosecha. In. Manual del Cultivo de Arroz INIAP- E.E. Boliche. p. 136-139.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPIINIGIS, F.; ZOUZA. E.P. 1987. Transferencia de material seca como método de avaliação do vigor de semejantes de soja. Revista Brasileira de Sementes, vol. 9, N°3. p: 45-55.

FERNANDES, G.M.B.; AMORIN NETO, S. 1987. Qualidade do arroz em função da época de colheita e do teor de umidade no beneficiamento em engenho. Rio de janeiro: PESAGRO. 4p. (Comunicado Técnico, 180).

GONÇALO, J.F.P.; MACIEL, V.S. 1975. Maturação fisiológica de sementes de arroz. Sementes, Brasília V1, N°1. p: 21-25.

HARRINGTON J. F. 1972. Seed storage and longevity. In: Seed Biology. Kozlowski T.T. (ed). Volume III. Academic Press. New York. p: 145-245.

HESSE, S.R. 1983. Maturação fisiológica das sementes de arroz (*Oryza sativa*) ev. IAC 47. Portovelho: EMBRAPA/UEPAE. 4p. (Pesquisa em andamento, 54).

JULIANO, B. O. 1980. Properties of the rice caryopsis. In. Rice: production and utilization. Westport: CTAVI. p: 403-438.

LAGO, A. A.; VILLELE, O. V.; BASTOS, C. R.; TISELLIFILHO, O. 1997. Epoca de colheita e qualidades das sementes das cultivares de arroz irrigado IAC-238 e IAC-242. Revista Brasileira de Sementes, vol. 19 N°2. p: 320-325.

MANZANO, B. 1998. La investigación agrícola en el Ecuador: impacto de las inversiones en investigación y transferencia de tecnología en el cultivo del arroz 1970-1997, INIAP-FENARROZ-GTZ. Guayaquil. EC. 155p.

MARCOS FILHO, J. 1999. Testes de vigor: Importancia e utilização. In. Vigor de sementes: conceitos e testes: Londrina. ABRATES. p. 1-21.

MARCOS FILHO, J. 2005. Fisiología de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. 495 p.

MCDONALD JUNIOR, M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proceeding of the Association of Official Seed Analysts. East Lansing. V.4. p: 176-182.

- MENEZES, N.L.; SILVEIRA, T.L.D. 1995.** Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. Sei. Agric. Piracicaba, 5(2): 350-359.
- MOLINA, J.; GONZÁLEZ, V.; CARBALLO, A.; LIVERA, M.; CASTILLO, F.; ORTEGA, M. 2003.** Cambios en la calidad fisiológica y su asociación con la madurez de la semilla de maíz durante su formación. Editorial Redalyc. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26 (4): 271 – 277.
- NAKAGAWA, J. 1999.** Geminação dos sementes. SEED NEWS, Pelotas, N°13
- PESKE, T. 2001.** ¿Cuándo cosechar? In Seednews. La Revista Internacional de semillas. 5(2): 21.
- POPINIGIS, F. 1985.** Alguns aspectos de vigor de sementes. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, BR. 58 p.
- QUIRÓS, W.; CARRILLO, O. 2006.** La importancia del insumo semilla de buena calidad. Oficina Nacional de Semillas. CIAT. Cali, Colombia. 22 p.
- RAJANNA, B.; ANDREWS, C.H. 1970.** Trends in seed maturation or rice (*Oryza sativa* L.). Proceedings Association of Official Seed Analysts. Geneva v.60 p: 188-196.

SHAW, R.H.; W,E, LOOMIS. 1950. Bases for the prediction of corn yiel. Plant
Physiol. 25: 225-224.

SMIDERLE, O. J.; DIAS SANTOS DO, E.T. 2008. Epoca de colheita e
qualidade fisiologica de sementes em arroz irrigado. Pesquisa
Agropecuaria Tropical. V. 38, n. 3, p. 188-194.

SOARES, A.A. 2001. Cultura do arroz. Lavras: UFLA, 111p (texto acadêmicos,
7).

TARENTI, O. 2004. Producción animal. Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria. Estación Experimental San Luis Argentina. Consultado el
10 de octubre de 2009. Disponible en
http://www.INTA.gov.ar./sanluis/info/documentos/semillas/cal_semilla.html

VITERI, G.V. 2007. Aspectos económicos del cultivo de arroz en Ecuador. In.
Manual del cultivo de arroz. INIAP-EE Boliche. p. 145-161.

ANEXOS

Cuadro 1. Cuadrados medios de la Humedad de las Semillas (%), Rendimiento de Grano (Kg ha⁻¹), Peso Volumétrico (Kg m⁻³) Peso 1000 granos (g) y Primer Conteo de Germinación (%).

F de V	G.L.	Cuadrados Medios				
		Humedad Inicial (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹).	Peso Volumetrico (kg m ⁻³).	Peso 1000 Granos (g)	Primer Conteo de Germinación (%)
Tratamiento	5	71,85 **	168552 ns	1,47 ns	25,64 *	482,86 **
Bloques	2	4,06 ns	248983 ns	1,02 ns	11,69 ns	1,06 ns
Error	10	2,19	155632	0,56	4,81	34,12
CV(%)		9,47	12,34	1,35	7,51	8,03

Ns = No significativo

**** = Altamente significativo**

*** = Significativo**

Cuadro 2. Cuadrados medios de la Germinación Estándar (%), Prueba en Frio (°C), Conductividad Eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$), Emergencia a Campo e Índice de Velocidad de Emergencia.

F de V	G. L.	Cuadrados Medios				
		Germinación Estándar	Prueba en Frio (°C)	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	Emergencia a Campo	Índice de Velocidad de Emergencia
Tratamiento	5	41,5 *	636,63 **	80,47 **	538,36 **	1,06 ns
Bloque	2	15,7 ns	7,17 ns	0,07 ns	10,89 ns	1,20 ns
Error	10	12	27,30	2,88	3,16	1,42
CV (%)		3,80	8,98	6,02	2,90	18,02

Ns = No significativo

**** = Altamente significativo**

*** = Significativo**