



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



Propuesta del componente práctico de la modalidad trabajo complejo
presentado a la unidad de titulación previo a la obtención de título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Manejo integrado de la enfermedad (*Pyricularia oryzae*) en el cultivo de arroz
(*Oryza sativa L.*).

AUTOR:

José Fabián Guerrero Franco

ASESOR:

Ing. Agr. Fernando Cobos M.B.A.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



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



Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención del
título:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Manejo integrado de la enfermedad (*Pyricularia oryzae*) en el cultivo de arroz
(*Oryza sativa* L.).

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, MSc
PRESIDENTE

Ing. Agr. Edwin Hasang Morán, MSc
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Agr. David Mayorga Arias, MBA
VOCAL PRINCIPAL

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesina a Dios, el cual con inmensa bondad me ha ayudado a seguir adelante en cada momento de mi caminar en mis estudios catedráticos, brindándome sabiduría y conocimiento.

De igual manera dedico este trabajo a mi madre, a mi hermana y a toda mi familia que me han ayudado a salir adelante en mis estudios. A mis compañeros y amigos que me han apoyado.

AGRADECIMIENTO

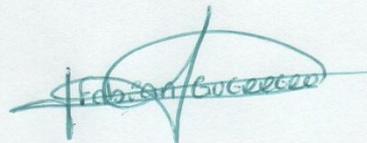
Agradezco principalmente a Dios, el cual con inmensa bondad me ha ayudado a en cada uno de los conocimientos que debí adquirir en mis estudios.

Agradezco a mi madre y a mi familia, los cuales me han impulsado y ayudado económicamente para poder realizar mis estudios universitarios.

Agradezco a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por haberme abierto las puertas y brindarme los conocimientos necesarios a través de cada uno de los ingenieros que la conforman.

Agradezco a mi tutor Ing. Fernando Cobos que me ha ayudado continuamente en la elaboración de este trabajo hasta completarlo.

Las investigaciones, resultados,
conclusiones y recomendaciones
del presente trabajo, son de
exclusiva responsabilidad del autor:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Fabián Guerrero Franco', written over a horizontal line.

José Fabián Guerrero Franco

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa L.*), es el alimento más popular del mundo, pues es producido en 113 países, lo que lo convierte en el alimento básico de más de la mitad de la población del mundo.

El principal problema causado por una enfermedad en todas las regiones arroceras del mundo, es la quemazón del arroz, producida por *Pyricularia oryzae*, la cual puede causar daños desde 60 % hasta el 100 %, pudiendo infectar el cultivo en todos los estadios de crecimiento, afectando todas las partes aéreas.

Manejo integrado de la enfermedad (*Pyricularia oryzae*) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*). Es de suma importancia, ya que el producto final puede verse afectado. Y por ende producir un “bajón” económico.

Los daños causados por la quemazón son muy variables. La quemazón de las hojas limita el desarrollo normal de las plantas, disminuye el número de panículas maduras, reduce el peso y la calidad de los granos, y aumenta el porcentaje de panículas vanas.

Las recomendaciones que se han concluidos es la de efectuar un adecuado control de maleza para que no sean hospedero de la enfermedad

Llevar a cabo monitoreos temprano para identificar los síntomas de la enfermedad. Y en caso de detectar la enfermedad se deberá aplicar de inmediato un fungicida a todo el cultivo. Realizar una adecuada Fertilización balanceadas, evitando exceso de nitrógeno ya que este ablanda los tejidos de la planta y facilita la entrada de los hongos.

Palabras claves: quemazón, arroz, enfermedad, controles.

SUMMARY

Rice (*Oryza sativa* L.), is the most popular food in the world, it is produced in 113 countries, which makes it the staple food of more than half of the world's population.

The main problem caused by a disease in all the rice regions of the world, is the burning of rice, produced by *Pyricularia oryzae*, which can cause damage from 60% to 100%, being able to infect the crop in all stages of growth, affecting all aerial parts.

Integrated management of the disease (*Pyricularia oryzae*) in rice cultivation (*Oryza sativa* L.) ". It is of utmost importance, since the final product can be affected. And therefore produce an economic "downturn".

The damage caused by burning is very variable. The burning of the leaves limits the normal development of the plants, decreases the number of mature panicles, reduces the weight and quality of the grains, and increases the percentage of empty panicles.

The recommendations that have been concluded is to make an adequate control of weeds so that they are not hosts of the disease

Conduct early monitoring to identify the symptoms of the disease. And if the disease is detected, a fungicide should be applied immediately to the entire crop. Make a proper balanced Fertilization, avoiding excess nitrogen as this softens the tissues of the plant and facilitates the entry of fungi.

Key words: burning, rice, disease, controls.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Descripción del problema.....	2
1.4 Preguntas Orientadas para el análisis del problema.	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1 Origen del cultivo de arroz	5
2.2 Clasificación Taxonómica	5
2.3 Cultivo de arroz en el Ecuador	5
2.4 Variedades cultivadas en el Ecuador	6
2.5 Fases de desarrollo	7
2.5.1 Fase vegetativa.	7
2.5.2 Fase reproductiva.	9
2.5.3 Fase de madurez.....	9
2.6 Principales enfermedades en el cultivo de arroz.	10
2.7 Generalidades de la enfermedad	10
2.7.1 Origen.....	11
2.7.2 Epidemiología	12
2.7.3 Factores que favorecen la incidencia de la enfermedad	13
2.7.4 Ciclo de infección.....	14
2.7.5 Daños	15
2.7.6 Controles	18
III. METODOLOGIA	25
IV. RESULTADOS	26
4.1 Situaciones detectadas	26
4.2 Soluciones planteadas	26
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
VI. BIBLIOGRAFIA.....	29
ANEXOS.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Ciclo de infección de <i>Pyricularia oryzae</i>	33
Anexo B: Ciclo de la enfermedad conocida como quemazón del arroz, causada por el hongo <i>Pyricularia oryzae</i>	33
Anexo C: Ciclo de vida del hongo <i>Pyricularia oryzae</i> . Modificado de: Wilson y Talbot (2009).....	34
Anexo D: Daños producidos por <i>P. oryzae</i> en el cultivo de arroz.	34
Anexo E: Síntomas de <i>S. oryzae</i> en el cultivo del arroz.	35

I. INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa L.*), es el alimento más popular del mundo, pues es producido en 113 países, lo que lo convierte en el alimento básico de más de la mitad de la población del mundo. En Asia y África la siembra del cultivo de arroz representa la principal fuente de ingresos de aproximadamente 100 millones de familias. En el mundo, 840 millones de personas que padecen hambre crónica, de las cuales, aproximadamente el 50 por ciento vive en zonas que dependen de la producción de arroz para sustentar su alimento y obtener ingresos.¹

En el año 2017, en Ecuador se cosecharon aproximadamente 286 189 hectáreas, equivalente a una producción de 1 440 865 toneladas métricas con un rendimiento promedio de 5,03 tm/ha. La provincia del Guayas aportó con 68,46%, Los Ríos 24,76 %, Manabí 3,37 %, Loja 2,32 % y El Oro 1,09 %. Loja fue la provincia con el mayor rendimiento promedio (10,01 tm/ha) y la provincia de Los Ríos obtuvo 4,32 tm/ha.²

El arroz es afectado por agentes de origen biótico y abiótico, tales como la temperatura, radiación solar, el viento, tipo de suelo, déficit hídrico, malezas, plagas y enfermedades, etc.; los cuales influyen en la manifestación plena de su potencial genético productivo. Entre los agentes bióticos, las enfermedades constituyen una de los principales limitantes de la producción, siendo en la mayoría de los casos de origen fungoso, las cuales de no ser controladas, puede causar grandes pérdidas a nivel de rendimiento.

El principal problema causado por una enfermedad en todas las regiones arroceras del mundo, es la quemazón del arroz, producida por *Pyricularia oryzae*, la cual puede causar daños desde 60 % hasta el 100 %, pudiendo infectar el cultivo en todos los estadios de crecimiento, afectando todas las partes aéreas.

¹ FAO. 2004. El arroz es la vida.

² MAG. 2017. Ficha del cultivo de arroz.

Ésta enfermedad tiene relación directa con los días lluviosos, pues desde el punto de vista epidemiológico, esto favorece su incidencia en arrozales, ocurriendo éste clima peculiar en el Trópico húmedo ecuatoriano. (Mag, 1991)

A pesar de que el control químico es uno de los más utilizados en todo el mundo para el manejo de ésta enfermedad, desde hace mucho tiempo se viene tratando de minimizar este tipo de control, pues el uso indiscriminado de productos químicos es un factor que podría reducir la biodiversidad y ocasionar contaminación del ambiente, por lo que sería ideal el empleo de otras alternativas de control como: control preventivo, control cultural, control biológico.

Dicho todo esto, se justifica la realización del presente trabajo documental, en el cual se hablará de todos los aspectos de la enfermedad, desde su origen hasta las principales medidas de control.

1.1 Objetivo General

Conocer el manejo integrado de (*Pyricularia oryzae*) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) para mejorar la producción.

1.2 Objetivos Específicos

- Describir el ciclo de vida del agente causal de la enfermedad y los factores que favorecen su presencia.
- Reconocer los síntomas de la enfermedad en los diferentes órganos de la planta.
- Identificar los principales métodos de control de la enfermedad.

1.3 Descripción del problema.

Teniendo en cuenta que la producción de arroz es una actividad principal que genera ingresos para el sector agrícola y a su vez es de alto consumo en nuestro país, se debe considerar que existen aspectos que dificultan su desarrollo y producción como por ejemplo plagas, enfermedades, inundaciones etc. A su vez, estos inconvenientes generan problemas al agricultor ya que él es el único que interviene en esta etapa de la producción y cubre el riesgo en su totalidad.

(Quintana, 2014), divulga que el arroz puede ser afectado por enfermedades desde la germinación hasta la madurez del mismo. La intensidad de las enfermedades puede variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de la susceptibilidad de las variedades y de las condiciones climáticas que se presentan en el ciclo del cultivo.

Para (Muñoz, 2014), las enfermedades en las plantas las pueden causar tres grupos de microorganismos: hongos, bacterias y virus.

El 95% de ellas son debidas a hongos, pero a veces, se producen infecciones bacterianas o víricas que es necesario conocer. Las enfermedades por hongos se combaten con fungicidas, pero para las bacterias y virus existen productos poco eficaces, por lo que alternativa de control es prevenirlas.

(EcuRed, 2017), difunde que las enfermedades de las plantas son respuestas de las células y tejidos vegetales a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta y puedan conducir a una incapacidad parcial o a la muerte de la planta o de sus partes.

(Garcia, 2005), explica que debido a que las enfermedades pueden ocasionar daños severos en una plantación de arroz, es importante, que el productor sepa identificar y efectúe un monitoreo frecuente en su plantación para detectar los síntomas iniciales de la presencia de enfermedades, para proceder a tomar medidas de control o prevención.

(Agrios, 2008), acota que las enfermedades causadas por hongos se caracterizan por la presencia de patógenos en las plantas hospedantes o dentro de ellas. La presencia activa de estos patógenos en la planta podría indicar que son la causa de la enfermedad.

De acuerdo a (Gutiérrez & Cúndom Agueda, 2013), uno de los problemas que existen para la identificación de las enfermedades se debe a la gran extensión de

los arrozales bajo riego, situación que dificulta el monitoreo de las enfermedades y confusión de la sintomatología de las enfermedades presentes.

Los daños producidos por las enfermedades, pueden variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de las condiciones ambientales, de la susceptibilidad de las variedades, de las razas de los microorganismos y de las condiciones predisponentes.

Para obtener un control adecuado de las principales enfermedades del arroz, es necesario un conocimiento previo de sus síntomas, daños, agentes causales, ciclo y condiciones ecológicas

Una de las principales enfermedades que afecta al sembrío de arroz es la quemazón del arroz causada por el hongo *Pyricularia oryzae* debido a su amplia distribución y su poder destructivo causando pérdidas que oscilan entre 10 % y 30% del rendimiento.

En Ecuador, su incidencia es mayor en los cultivos de secano. Ocasionando un desarrollo anormal de las plantas, disminuye el número de panículas maduras, reduce el peso y la calidad de los granos, y aumenta el porcentaje de panículas vanas. (InfoAgro, La Pyricularia Oryzae del arroz, 2015)

Los métodos de control utilizados contra problemas de plagas y enfermedades, resultan parcial o totalmente infructuosos debido a la falta de identificación precisa de los géneros y especies involucradas en los daños, el desconocimiento de su susceptibilidad a diferentes de agentes entomopatógenos y de los enemigos naturales presentes en el agroecosistemas. (Mestanza Revilla & Ortega, 2004)

1.4 Preguntas Orientadas para el análisis del problema.

¿Qué variedades de arroz siembra en Ecuador?

¿Cómo reconocer la presencia de esta enfermedad?

¿En qué etapas del cultivo no más se presenta la pyricularia oryzae (quemazón del arroz)?

¿Qué hace Ud. para disminuir el ataque de esta enfermedad?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Origen del cultivo de arroz

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10 000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. (Infoagro, 2015)

2.2 Clasificación Taxonómica

Según la clasificación. (Andrade & Hurtado, 2007)

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Subclase: Commelinidae
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Género: Oryza
Especie: Oryza sativa

2.3 Cultivo de arroz en el Ecuador

Las áreas arroceras se concentran (97 %) en las provincias de Guayas (63,85 %), Los Ríos (28,19 %) y Manabí (4,63 %). De la superficie restante, las provincias que han representado la mayor área sembrada en los últimos años son: El Oro y Loja; sin embargo, en el año 2014 se registra una importante caída en la superficie sembrada de arroz en la provincia de Loja y un considerable aumento de la superficie sembrada en la provincia de Orellana. (Infoagro, 2015)

Durante los últimos diez años, la superficie cosechada ha variado entre 320 000 y 420 000 hectáreas con una producción de arroz en cáscara equivalente a 700-900 mil toneladas de arroz pilado. De manera congruente, el rendimiento del cultivo ha presentado un comportamiento cíclico, manteniéndose entre 2,5 t/ha y 4,5 t/ha. A nivel provincial, tan solo la provincia de Manabí presenta una tendencia de

crecimiento. Además, se observa que durante todo el período, el orden jerárquico en términos de productividad de las provincias no ha cambiado (Moreno, 2015).

Según Moreno Aguirre (2014), “el rendimiento de arroz en cáscara (20 % de humedad y 5 % de impureza) para el ciclo a nivel nacional fue de 4,78 t/ha, registrando un aumento del 2 % con relación al rendimiento del mismo ciclo del año pasado (4,67 t/ha). La provincia de mayor rendimiento fue Loja, con una producción de 6,75 t/ha, seguido de Guayas con 5,23 t/ha. Por otro lado, la provincia de menor rendimiento fue El Oro, con una productividad de 3,68 t/ha, seguida por Los Ríos con un rendimiento de 5,12 t/ha”.

El productor promedio siembra en un terreno previamente nivelado una superficie de 4,57 ha, a través del método de voleo, utilizando una cantidad de semilla de 96 kg/ha. El cultivo se maneja de manera convencional con acceso a un sistema de riego por inundación manual; utiliza principalmente semillas tanto compradas como recicladas, correspondientes a la variedad INIAP 14. (Moreno & Aguirre, 2014)

En términos sociales y productivos el cultivo del arroz es la producción más importante del Ecuador, pero el cultivo de arroz también es importante en el tema nutricional ya que esta gramínea es la que mayor aporte de calorías brinda de todos los cereales. (Fao, 2013)

2.4 Variedades cultivadas en el Ecuador

Según Celi (2015), de acuerdo al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, las principales variedades de arroz que se siembra en Ecuador son: INIAP 415, INIAP 11, INIAP 14 obtenidos por el Instituto nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) hace 15 años, también existen materiales criollos como el 1001, Donato, patucho, y otras variedades ingresadas sin registro de los países vecinos. Del total del área sembrada de arroz a nivel nacional el 20% se siembra con semilla certificada, el resto es semilla reciclada.

En el Ecuador, las siembras iniciales de arroz se realizaron con materiales criollos y variedades introducidas de Colombia, como la Orizica 1. El Programa Nacional

del Arroz del INIAP desde 1971 ha entregado 11 variedades de arroz provenientes de diferentes orígenes, siendo éstas las siguientes:

INIAP 2, INIAP 6 de origen IRRI-Filipinas (entregadas en 1971).

INIAP 7, INIAP 415, INIAP 10, INIAP 11, INIAP 12 de origen CIAT – Colombia (entregadas en 1976, 1979, 1986, 1989, 1994 respectivamente).

INIAP 14 de origen IRRI-Filipinas (entregada en 1999).

INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17 e INIAP 18 de origen INIAP-Ecuador (entregadas en 2006, 2007, 2010 respectivamente). (Iniap, 2015)

Las variedades INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17 e INIAP 18, son precoces que permiten sembrar bajo condiciones de riego en siembra directa, tres ciclos al año. La obtención de estas variedades ha contribuido para que desde el año 1990 el país sea autosuficiente en arroz y exporte los excedentes principalmente a Colombia y se estima que en el 2008 el 90 % de la superficie arrocera se sembró con variedades INIAP.

2.5 Fases de desarrollo

2.5.1 Fase vegetativa.

Se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares. Los macollos que no desarrollaron una panoja se llaman macollos infértiles (InfoAgro, 2012).

Plántulas.- La germinación da inicio a la fase vegetativa, comienza cuando la radícula o coleóptilo (vainas que recubre al embrión) emerge del cariopse. En condiciones aeróbicas (siembra convencional) lo primero en emerger desde la coleoriza del embrión (vainas que recubre a la radícula) es la radícula, luego recién lo hace el coleóptilo.

Raíces.- Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de una naturaleza temporal y las raíces adventicias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven (InfoAgro, 2012).

Tallo.- Se compone de nudos e internudos, en orden alterno. Lleva una hoja y un capullo que pueden desarrollarse para constituir un vástago o retoño. El entrenudo maduro es hueco y finamente estriado. Tiene longitud variable, generalmente aumenta de los entrenudos más bajos a los más altos. Los entrenudos más bajos, en la base del tallo, son cortos y se van haciendo gruesos hasta formar una sección sólida.

Varían también en cuanto al grosor, los más bajos tienen mayor diámetro y espesor que los superiores. Los retoños se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno, los primarios se desarrollan en los nudos más bajos, produciendo retoños secundarios, a su vez, éstos producen los retoños terciarios (Moreno & Aguirre, 2014)

Hojas.- las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula embranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos (Moreno & Aguirre, 2014)

Macollos.- El macollamiento comienza cuando la plántula está establecida y generalmente termina cuando se inicia el desarrollo del primordio floral (Inicio de fase Reproductiva). El número de macollos depende de la densidad de plantas, puede variar de 3 en alta densidad hasta 15 macollos en bajas densidades.

El primer macollo se desarrolla cuando la plántula tiene en unas cinco hojas (a los 15 ó 20 días de la emergencia), situándose entre el tallo principal y la segunda hoja contada desde la base. Posteriormente, cuando la sexta hoja aparece, emerge el segundo macollo entre el tallo principal y la tercera hoja.

Los macollos que crecen desde el tallo principal se denominan macollos primarios. Estos a su vez pueden generar macollos secundarios los que a su vez también pueden producir macollos terciarios (Moreno & Aguirre, 2014)

Rodríguez (2006), señala que el arroz es una planta muy exigente en agua, luminosidad y temperatura; y que el nitrógeno determina el macollamiento y el nivel de producción, siendo el fósforo importante para un buen enraizamiento.

2.5.2 Fase reproductiva.

Se caracteriza por un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración (Moreno & Aguirre, 2014).

La flor o espiguilla.- El pedúnculo o pedicelo es la última ramificación de la panícula; puede estar unido a una o más espiguillas. En el punto de unión de la espiguilla, el pedúnculo se extiende en forma de cúpula. De la estructura anatómica y del funcionamiento variable del tejido de conexión, situado entre el pedúnculo y la espiguilla, depende el fenómeno de la tendencia o resistencia al desgrane y la caída del grano en la maduración. (Moreno & Aguirre, 2014)

Panoja.- La panoja es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. El nudo situado entre el entrenudo superior del tallo y el eje principal de la panoja es la base de la panoja. Esta última aparece con frecuencia como un anillo ciliado y se utiliza para medir la longitud del tallo y la de la panoja.

La rama primaria de la panoja se divide en otras ramas secundarias y a veces terciarias. Estas últimas son las que llevan las espiguillas. Las ramas pueden estar dispuestas solas o por parejas. La panoja permanece erecta en el momento de la floración, pero por lo común, se caen las espiguillas cuando se llenan, maduran y forman los granos (González, Álvarez, Reyes, & J. Pieters, 2011).

2.5.3 Fase de madurez.

Etapa que empieza con la polinización de las flores en donde las espiguillas se llenan de un líquido lechoso, después la consistencia se vuelve pastosa dura hasta terminar con la maduración del grano. Ésta fase va desde la floración a la madurez total, o llenado del grano y maduración del mismo, va desde los 84 días hasta los 120 días (González, Álvarez, Reyes, & J. Pieters, 2011).

Grano

El grano de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Está formado por el pericarpio o cáscara constituida por la lemma y la palea, las cuales a su vez están compuestas por las estructuras asociadas, lemmas estériles, raquilla y arista; el

embrión, se encuentra ubicado en la parte ventral cercano a la lemma primaria estéril. El embrión está constituido por la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz primaria. La plúmula está cubierta por el coléoptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza (Ortega , 2014).

El embrión se presenta ocupando el tercio inferior de la semilla y se encuentra rodeado por una sustancia harinosa: el endosperma. Embrión es asimétrico. La presencia de la sustancia de reserva en el endosperma indica que estas semillas son albuminadas o endospermadas. En el embrión puede distinguirse un pequeño cotiledón, que se halla adosado al endosperma, unido al talluelo por el nudo cotiledonal. El cotiledón de las monocotiledóneas produce enzimas que ayudan a solubilizar las sustancias de reserva para que puedan ser aprovechadas por el embrión (Zepeda, 2015).

2.6 Principales enfermedades en el cultivo de arroz.

El cultivo de arroz se ve afectado por muchas enfermedades fungosas que disminuyen la producción entre las principales enfermedades tenemos la quemazón del arroz (*pyricularia oryzae*). (Certis, 2016)

2.7 Generalidades de la enfermedad Quemazón del arroz (*P. oryzae*)

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromicetes

Orden: Moniliales o Hyphomycetes

Familia: Dematiaceae

Género: Pyricularia

Especie: Pyricularia oryzae

La *Pyricularia* ha sido considerada como la principal enfermedad del arroz debido a su amplia distribución y su poder destructivo bajo condiciones favorables. En la última década, las infecciones de *Pyricularia* se han producido en regiones o áreas aisladas.

La *Pyricularia* está considerada como una enfermedad criptogámica compleja

debido a la variabilidad patogénica y la rapidez con la que este hongo vence la resistencia de la planta de arroz. El micelio del hongo produce una sustancia tóxica conocida como pericularina, que inhibe el crecimiento de los tejidos y los desorganiza. (InfoAgro, La Pyricularia Oryzae del arroz, 2015)

2.7.1 Origen

La enfermedad, fue descubierta hace más de tres siglos en Asia concretamente en 1637 en China y actualmente se encuentra extendida en más de 85 países siendo una seria limitación fundamentalmente para las regiones tropicales y templadas.

2.7.1 Descripción de la enfermedad

“Esta enfermedad se trata de un hongo microscópico que ataca a las hojas e inflorescencias del arroz, produciendo además una sustancia tóxica que desorganiza e inhibe el crecimiento de los tejidos.

Los mayores daños en el cultivo se producen cuando afecta al nudo basal de la panícula y su control es difícil. Como en todas las enfermedades, para que se produzca se necesita un número de plantas suficientes, buena dispersión de las esporas y condiciones favorables de temperatura y humedad.” (Baker & Zambryzski, 1997)

La propagación de la enfermedad se produce sobre todo por las esporas asexuales del hongo. Estas pasan a nuevas plantas, donde germinan sobre las hojas o nudos y cuello de la panícula, siempre que se den las condiciones adecuadas.

Se transmiten por aire y agua, y necesitan una humedad relativa del aire del 90% y una temperatura optima entre 20 y 24C. En la maduración, las grandes variaciones de temperatura favorecen el crecimiento del hongo, ya que la resistencia propia de la planta disminuye debido a los bajos niveles térmicos.

En el desarrollo de esta enfermedad intervienen las condiciones climáticas, las condiciones del suelo, la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra.

El desarrollo de la enfermedad se produce bajo condiciones favorables para el patógeno, de una alta humedad relativa (mayor a 90%), temperaturas entre 20 – 30°C y frecuentes periodos de mojadura foliar (Scheuerman, de Andrade, Wickert, Raimondi, & Marschalek, 2012)

El efecto devastador de *Pyricularia oryzae* sobre el cultivo del arroz, lo coloca como el principal patógeno a nivel mundial (Dean et al. 2012) y ha sido empleado como modelo para el estudio de interacciones planta – patógeno (Luo, y otros, 2015).

Según (Armijos , 2007) “esta enfermedad se presenta principalmente en cultivos de arroz de secano, en la cuenca alta del río Guayas en arroz de riego, por diversas circunstancias de manejo, tiene menor importancia”.

2.7.2 Epidemiología

El hongo puede sobrevivir en el suelo, en la semilla o sobre los residuos de la cosecha, en forma de micelio o de conidias de 1 a 3 años; estas estructuras constituyen el inóculo primario se ve también favorecida por su presencia en hospedantes alternativos como *Festuca arundinacea*, *Leersia* spp., *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis*, *Lolium* spp, entre otras; en ciperáceas como *Cyperus rotundus* y *C. compressus* y en otras especies de la familia de las musáceas, cannáceas y zingiberáceas.

(Franquet, 2006), aclara que dentro de las enfermedades que padecen los arrozales, la más temible es, sin duda, la *Pyricularia oryzae*, originada por un hongo microscópico. El micelio del hongo produce una sustancia tóxica conocida como piricularina, que inhibe el crecimiento de los tejidos y los desorganiza. Los factores meteorológicos imperantes condicionan de forma importante la aparición de esta enfermedad.

Se puede predecir la aparición del hongo cuando la temperatura registrada oscile entre los 16 y los 28 °C y haya en el aire una humedad relativa del 90% o bien superior durante 14 horas o más. Con estas condiciones ambientales, el hongo esporula sobre las seis de la madrugada en las hojas bajas mojadas, por debajo de la hoja bandera.

2.7.3 Factores que favorecen la incidencia de la enfermedad

En el desarrollo de esta enfermedad intervienen las condiciones climáticas, las condiciones del suelo, la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra.

Condiciones climáticas:

Las condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la enfermedad son: los días lluviosos de noches frías, que alternan con días cálidos de alta humedad relativa (superior a 90% durante 10 horas, aproximadamente); la ausencia de brillo solar; y los vientos suaves. La presencia del rocío, durante 12 a 14 horas, favorece la germinación y la esporulación del hongo.

Condiciones del suelo:

La enfermedad es severa en los suelos ácidos cuyo contenido de fósforo es bajo, y se agrava cuando la textura del suelo es arenosa. Sin embargo, es importante recordar que, en suelos secos y en condiciones de alta humedad relativa, las plantas se hacen más susceptibles al ataque del hongo.

Tanto la humedad del suelo, como la del ambiente, están íntimamente asociadas con el desarrollo de la enfermedad. Las plantas que crecen en condiciones de suelo seco llegan a ser más susceptibles al hongo; de otro lado, una alta humedad relativa favorece el desarrollo de la enfermedad.

Fertilización nitrogenada:

La fertilización con altos niveles de nitrógeno predispone a la planta de arroz al ataque del patógeno; la intensidad del ataque varía según la fuente empleada, el método y la época de aplicación. Por ejemplo, cuando se fertiliza con productos nitrogenados de acción rápida, como el sulfato de amonio, una sola aplicación tardía induce mayor susceptibilidad al ataque del patógeno. (Armijos , 2007)

Densidad de siembra:

Altas densidades de siembra técnicamente injustificadas por la mala preparación del suelo o por un deficiente control de malezas --o por ambas causas-- hacen a la planta más susceptible a la quemazón.

Formas de dispersión

La dispersión de los conidios puede producirse a través del aire, agua o semillas. “Una espora puede ser diseminada por el agua o viento hasta unos 35 Km de distancia y 25 m de altura hasta llegar a una planta. Cuando germina la espora se desarrolla una mancha, la mayoría de las esporas se concentran a menos de un metro.” (Carreres, 2005)

2.7.4 Ciclo de infección

La infección inicia cuando un conidio, el cual posee una forma piriforme con tres septos trasversales (Tosa & Chuma, 2014), se adhiere a la cutícula del hospedero y germina. Posteriormente, se forma un apresorio el cual al madurar penetra la cutícula y el tejido es colonizado por medio de las hifas invasivas. Las lesiones se producen entre 3 y 5 días cuando la hifa se ramifica dentro vegetal (Wilson & Talbot, 2009).

La espora apical se adhiere a la cutícula hidrófoba y germina, produciendo un tubo germinativo estrecho, el cual posteriormente se aplana y se engancha en la punta antes de diferenciarse en un apresorio. El apresorio unicelular madura y el conidio tricelular colapsa y muere en un proceso programado que requiere autofagia (Ebbole, 2007).

La estructura básica del apresorio se encuentra examinada en detalle por (Howard & Ferrari, 1989). El apresorio es una célula con forma de domo, con una compleja pared celular, en cuyo lado interno se deposita melanina.

En contacto con la cutícula de la planta, se encuentra el poro del apresorio (5-10 μm de diámetro), cuya pared celular es extremadamente delgada no melanizada. La capa de melanina funciona como barrera semipermeable, donde el agua difunde libremente pero no así iones y osmolitos, los cuales se acumulan en el citoplasma aumentando la presión de turgencia dentro del apresorio.

El glicerol es el soluto más importante acumulado llegando a una concentración de 3 M (Howard y Ferrari, 1989). El glicerol es derivado por la movilización de

compuestos de reserva como lípidos, glucógeno, manitol y trehalosa (Ebbole, 2007).

La presión de turgencia se traduce en una fuerza física produciendo una hifa de penetración que se forma en la base del apresorio. Ésta punza la cutícula a través del poro del apresorio, permitiendo la entrada en la epidermis de la hoja.

La invasión de tejido de la planta se produce por medio de hifas, adoptando la vida hemibiotrofa. Las hifas invasivas están envueltas en membrana que las separa del citoplasma de la célula huésped, una característica de los hongos biotrofos (Kankanala, Czymmek, & Valent, 2007).

El movimiento de célula a célula puede ocurrir inicialmente por plasmodesmos, sin dañar la pared celular. La invasión de células adyacentes coincide con la pérdida de viabilidad de la célula infectada previamente, iniciando la fase necrotrófica y la aparición de lesiones de la enfermedad entre 72 y 96 horas después de la deposición del conidio sobre la superficie de la planta. La esporulación se produce en condiciones de alta humedad relativa ($\geq 93\%$) en alrededor de 24 horas luego de aparición de síntomas.

Según (Gutiérrez & Cúndom Agueda, 2013), el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) puede ser afectado por enfermedades causadas por microorganismos, desde la germinación hasta la madurez del mismo, las cuales pueden incidir en el rendimiento y/o calidad de la producción.

2.7.5 Daños

Los daños causados por la quemazón son muy variables, especialmente cuando las condiciones ambientales son favorables para el patógeno. La quemazón de las hojas limita el desarrollo normal de las plantas, disminuye el número de panículas maduras, reduce el peso y la calidad de los granos, y aumenta el porcentaje de panículas vanas.

Si la infestación se presenta antes del estado lechoso, los granos quedan vanos; cuando el ataque es tardío, éstos pueden llenarse parcialmente, pero tienen la consistencia de la tiza y son quebradizos, o son de color verde.

Puede causar daños desde 59,6% (Prabhu, Castro, Araujo & Berni, 2003) hasta el 100% (Filippi, Silva & Prabhu, 2007) y producir pérdidas hasta de 266,000 toneladas de arroz en el año. (Iglesias, 2018)

La sintomatología producida por esta enfermedad se manifiesta mediante la formación de manchas o lesiones en cualquier parte aérea de la planta, siendo las zonas más afectadas las hojas y las panículas.

En las hojas, al principio, aparecen manchas blanquecinas, o verde-grisáceas, rodeadas por bordes verdosos más oscuros. El interior de las lesiones maduras es de color blancuzco-grisáceo con bordes necrosados de color marrón-rojizo. La forma de las manchas es variable, con frecuencia oval-elipsoidal, con extremos más o menos puntiagudos en el sentido de los nervios de la hoja (forma de rombo).

En el tallo (nudos y entrenudos) y en la panícula (cuello, raquis principal, ramas y glumillas) aparecen lesiones necróticas de color marrón oscuro que pueden reducir o estrangular la circulación de la savia (con las correspondientes pérdidas en producción y calidad del grano) e incluso provocar el marchitamiento o secado de la parte situada por encima de la lesión.

El ataque en nudos es mucho más frecuente y dañino que en los entrenudos, pudiendo romper, total o parcialmente, el tallo. En la zona de inserción del limbo y la vaina (collar) y especialmente en la lígula, sobre todo de la hoja bandera, es frecuente el ataque de *Pyricularia*.

Las infecciones en el cuello de la panícula suelen ser las más perjudiciales, pudiendo provocar, al igual que los ataques en nudos, la disminución del peso del grano e incluso, en ataques tempranos y severos, la aparición de panículas blancas y erectas con granos vacíos. La cascarilla del grano también puede

quedar afectada, recubriéndose de manchas de color marrón oscuro. (Muñoz M. C., 2003)

El patógeno se presenta en todas las partes aéreas de la planta de arroz (hojas, tallo, panícula) acentuándose en el cuello de la espiga. Inicialmente se presentan lesiones que varían desde pequeños puntos color café hasta llegar a formas romboides o diamante, de color gris rodeado de una zona de color más claro y de bordes amarillo-anaranjado que limita con el tejido que se encuentra normal o sano.

Este síntoma también afecta el cuello de las hojas. La patología puede afectar en cualquier etapa y fase del cultivo, cuando el ataque es muy fuerte puede observarse desde la etapa de semillero, también durante el macollamiento y cuando inicia la etapa de floración, en esta última produce vaneamiento del grano y por ende un bajo rendimiento en la cosecha (República del Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2007).

El hongo produce manchas o lesiones en las hojas de forma alargada, de color marrón uniforme y más tarde con centros grisáceos y bordes de color marrón. También produce daños en los nudos y en las diferentes partes de la panícula y los granos.

El tamaño y la forma de la mancha varía dependiendo de los siguientes factores: condiciones ambientales, edad de la mancha, grado de susceptibilidad del cultivar y del abastecimiento de nitrógeno, llegando las hojas a morir en las plantas gravemente afectadas. En el nudo superior o en su proximidad se producen decoloraciones con áreas necróticas de color marrón.

En la panícula se producen lesiones oscuras, terminando tronchada, a veces son atacadas las zonas cercanas a la base de la panícula y en ocasiones cae. Los granos terminan vacíos o deficientemente llenos y grises. Las variedades de arroz del tipo índico o japonico son mucho más propensas a desarrollar este hongo que las variedades tradicionales. (Infoagro, 2018)

El hongo produce manchas o lesiones en las hojas, nudos y en las diferentes partes de la panícula y los granos.

En la hoja los síntomas consisten en unas manchas típicamente elípticas con terminaciones en punta, frecuentemente con el centro gris o blancuzco, y con un borde marrón rojizo. El tamaño y la forma de la mancha varía dependiendo de las condiciones ambientales, la edad de la mancha, el grado de susceptibilidad del cultivar y del abastecimiento de nitrógeno de la planta, El nudo y la raíz se pudren si se ven atacados por Pyricularia.

En la panícula se producen lesiones oscuras. Frecuentemente son atacadas las zonas cercanas a la base de la panícula y a veces cae. Las variedades de arroz del tipo índico o japonico son mucho más propensas a desarrollar este hongo que las variedades tradicionales. (Abcagro, 2018)

Síntomas: La enfermedad ataca a todas las partes de la planta, pero en las hojas el cuello de la panícula los síntomas son más fáciles de reconocer. En las hojas, inicialmente las lesiones se presentan como manchas de color castaño, circulares y de apariencia húmedo; el estado inicial corresponde a un pequeño punto oscuro.

Una lesión típica de la quemazón alcanza de 1-1,5 cm de largo por 0,5 cm de ancho, presenta un centro grisáceo rodeado de una zona de color café rojizo y hacia el exterior, un borde amarillo-anaranjado que delimita con el tejido sano (Armijos , 2007).

(Garcia, 2005), menciona que Pyricularia (quemazon o hielo del arroz) es la enfermedad más importante en el cultivo de arroz y es causada por el hongo Pyricularia oryzae. Este hongo ataca varios órganos de la planta como ser: hojas, entrenudos del tallo y más importante en la panícula (cuello, pedúnculo y los granos).

Las lesiones de la piricularia en el follaje, varían desde pequeños puntos de color café hasta lesiones en forma de rombo o diamantes grandes, usualmente estas lesiones presentan un centro grisáceo con o sin bordes de color café-rojizo, mientras que las manchas pequeñas, son consideradas como una reacción de una tolerancia moderada de la planta.

2.7.6 Controles

Control genético

Una de las principales recomendaciones para el control de la enfermedad, es el uso de variedades resistentes al patógeno (Scheuermann et al. 2012). La resistencia cualitativa se encuentra controlada por uno o pocos genes, por lo que se confiere resistencia a solamente algunas razas del patógeno (Leach et al. 2007).

Sin embargo, la diversidad genética del hongo *Pyricularia oryzae*, así como la aparición de nuevos patotipos, han provocado la pérdida de resistencia en pocos ciclos de cultivo (Prabhu et al. 2002). Una estrategia utilizada para aumentar la durabilidad de la resistencia del cultivar, ha sido la combinación de un mayor número de genes de resistencia (Scheuermann et al. 2012, Tapiero et al. 2003) que posean un efecto aditivo y más estable (Leach, y otros, 2007).

Se han identificado 100 genes de resistencia para *Pyricularia*, 45% de estos genes provienen de cultivares japónica, el 51% de cultivares indica y el 4% de especies silvestres de arroz (Sharma, y otros, 2012). Dentro de las especies de arroz silvestre que han mostrado resistencia, son *O. rufipogon* y *O. glaberrima* pertenecen al mismo complejo del arroz cultivado, es decir su genoma es AA (Sánchez, Wing, & Brar, 2013).

Estas dos condiciones han permitido que estas especies sean utilizadas para el desarrollo de variedades de arroz como “Dhanarasi” (a partir de *O. rufipogon*) y “Yun Dao” a partir de *O. glaberrima* (Brar & Singh 2011). Otras especies con genomas diferentes al del arroz cultivado (*O. sativa* AA), han mostrado rasgos de resistencia a *P. oryzae*, como, por ejemplo, *O. longiglumis* (HHJJ), *O. ridleyi* (HHJJ) (Brar & Singh, 2011), *O. minuta* (BBCC) (Amante-Bordeos, y otros, 1992) y *O. australiensis* (EE) (Jeung, y otros, 2007), Estas últimas dos especies son de gran importancia, ya que presentan genes de resistencia a *P. oryzae*, como lo son el Pi-9(t) y el Pi-40 respectivamente (Brar & Singh, 2011).

Control cultural

Eliminación de residuos de cosecha en lugares donde se ha presentado la enfermedad.

Utilizar semilla certificada

Fertilización balanceada

Evitar el exceso de fertilización nitrogenada

Buen manejo del agua

Sembrar variedades resistentes.

Control de las malas hierbas de los bordes, especialmente las gramíneas y retrasar la retirada del agua en la maduración en cultivos muy vigorosos y con excesiva paja.

Realizar tratamientos de desinfección, para evitar así infecciones tempranas.

Actualmente, la lucha contra esta enfermedad criptogámica se lleva a efecto con medidas preventivas como las siguientes:

- Empleo de variedades que no sean muy sensibles al ataque del hongo.
- No abusar del abono nitrogenado.
- Utilizar un abono equilibrado con fósforo y potasio.
- Retirada tardía del agua en el período de maduración

Umbral económico

La severidad en el momento de la evaluación, será la sumatoria de la severidad de todas las hojas enfermas dividido el número total de hojas evaluadas (sanas más enfermas). Un valor promedio de 5% indica el momento oportuno para la aplicación. Aunque también las aplicaciones de funguicidas entre los 10 días antes y los cinco días después de la floración protegen satisfactoriamente el cultivo. (Sanchez, 2005)

Control químico

Las aplicaciones de productos químicos deben realizarse al final del ahijamiento en el inicio de la formación de la panícula o en el estado de espiga. Consisten en tratamientos preventivos, que eviten el ataque al cuello, la esterilidad y las infecciones durante la maduración. Se puede encontrar algún producto sistémico,

en el que hay que tener en cuenta la resistencia que pueda desarrollar sobre el hongo y los plazos de seguridad.

Entre los fungicidas recomendados para el control (curativo) de la piricularia, se mencionan los productos a base de Sulfato de Cobre hidratado, Benomil, etc. (U.D.I, 2012). En la siguiente tabla se muestra las materias activas recomendadas, las dosis y la presentación del producto:

MATERIA ACTIVA	DOSIS	PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO
Procloraz 45%	0.50-1 l/ha	Emulsión de aceite en agua
Procloraz 46%	0.50-1 l/ha	Polvo mojable
Tebuconazol 25%	0.04-0.10%	Emulsión de aceite en agua
Triciclazol 75%	0.30 kg/ha	Polvo mojable
Triflumizol 30%	0.15 kg/ha	Polvo mojable
Fuente: Infoagro.		

Control biotecnológico

Las soluciones biotecnológicas para el control de esta enfermedad constituyen una opción prometedora y con amplio potencial de aplicación. Entre estas se incluyen la introducción de genes de resistencia de amplio espectro en cultivares comerciales de arroz, y la utilización de genes que aumenten la eficiencia y rapidez de la señalización de las defensas en la planta (Wilson y Talbot, 2009), aunque estas soluciones requieren de validación en pruebas de campo. Sin embargo, muchas veces estos métodos resultan ineficientes, por lo que el tratamiento de las semillas con fungicidas químicos es de uso corriente.

Una desventaja de los fungicidas químicos es que ocasionan contaminación del manto freático y de los cuerpos de agua colindantes (Padovani et al., 2006) generando efectos nocivos sobre diversos organismos, los que han sido informados desde hace varios años, por lo que se ha tratado de buscar alternativas para disminuir su uso dentro del manejo integrado de las enfermedades que afectan al cultivo del arroz.

Dentro de estas alternativas naturales e inocuas se encuentran los productos a base de bacterias rizosféricas c5on potencial para controlar las enfermedades fúngicas e incrementar los rendimientos del cultivo (Hernández-Rodríguez, Heydrich-Perez, Acebo-Guerrero, Velázquez-del Valle, & Hernández-Lauzardo, 2008).

Control biológico

Consiste en el uso de agentes microbiológicos entomopatogenos (hongos, bacterias, virus) y antagonicos (hongos).

Uso de hongos antagonicos: son agentes microbianos del genero *Trichoderma*, capaces de antagonizar con hongos patógenos que causan enfermedades a los cultivos. (Zuquilanda, 2003)

El análisis microscópico de la interacción mostró que *T. harzianum* parasitó a *P. oryzae*, penetrando sus hifas, conidióforos y conidios. Los mecanismos por los que *T. harzianum* antagonizó a *P. oryzae* fueron micoparasitismo y competencia por el espacio y los nutrientes.

Algunos agentes de biocontrol han sido probado con distinto éxito frente a *P. oryzae* como las bacterias *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter agglomerans*, *Serratia liquefaciens*, *Xanthomonas luminescens*, y los hongos *Bipolaris sorokiniana*, razas avirulentas de *P. oryzae*, *Chaetomium cochlioides*, *C. cuniculorum*, constituyendo un campo prometedor sobre el que queda mucho que investigar (amutharaj y col., 2013; manandhar y col., 1998; suprapta, 2012). Aunque se necesitan más investigaciones al respecto, *Trichoderma harzianum* podría ser una alternativa de control de este patógeno. (Sempere, 2013)

Evaluación para la enfermedad: incidencia y severidad

La sintomatología de la quemazón encontrada en las hojas, fueron lesiones de forma romboide y/o elíptica (ancha en el centro y puntiagudas en cualquiera de sus extremos), de coloración castaño.

Cuando la enfermedad avanza en el tiempo, el centro de las lesiones presenta oscurecimiento con bordes color café rojizo y/o halo amarillo, hasta tornarse finalmente manchas necróticas. Estas características son descritas en la literatura por (Mueller, 1984), (Webster & Gunnell, 1992), (Bedendo & Prabhu, 2005) y (Agrios, 2008).

Esta enfermedad puede causar daños desde 59.6 % hasta el 100 %. Este hongo transmitido vía semilla, puede presentar una incidencia de hasta 66.6 %. La incidencia se evalúa tomando un área específica y contabilizando plantas sanas y enfermas, luego dividir la cantidad de plantas enfermas por el total de plantas en el área.

La severidad de la enfermedad es la intensidad con la que la enfermedad afectó a la población de plantas del cultivo, en cada tratamiento. La severidad la representamos como el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad. Para su cálculo, dividimos el área afectada de la hoja entre el área total de la misma.

Tanto la mancha producida por la enfermedad, en forma de ojo de perdiz, como la forma de la hoja de arroz, se asemejan en su forma a un rombo, por lo que su área se puede estimar mediante el área de dicha figura geométrica.

Una vez calculada el área ocupada por las manchas, las sumamos y el total obtenido lo dividimos por el área total de la hoja, obteniendo el porcentaje de área total afectada. También se calcula el porcentaje de nudos, lígulas y cuellos de panícula afectados por la enfermedad.

Índice De Enfermedad Ponderado (I.E.P.) se trata de un índice obtenido a partir de la media ponderada de los diferentes porcentajes obtenidos de área foliar, lígula, nudo y cuello de panícula afectados.

Para su ponderación se tuvo en cuenta la repercusión que la enfermedad tiene sobre la producción final del cultivo, cuando el hongo atacaba a los diferentes órganos de la planta.

Por ese motivo, se otorgó un valor máximo de 3 al cuello de la panícula, valores intermedios de 2 al nudo y la hoja y, por último, un valor mínimo de 1 a la lígula. Para aclarar este concepto a continuación exponemos un ejemplo de cómo se realizaría su cálculo:

% Área foliar afectada	% nudos afectados	% lígulas afectadas	% cuellos afectados
7,51%	22,53%	19,07%	18,04%

$$\text{I.E.P (\%)} = \frac{(7,51 \times 2) + (22,53 \times 2) + (19,07 \times 1) + (18,04 \times 3)}{2 + 2 + 1 + 3} = 16,65 \%$$

Este índice nos aporta una visión general del grado de ataque de *Pyricularia oryzae* sobre una determinada variedad de arroz (en los ensayos de incidencia y severidad), permitiéndonos clasificar a dicha variedad, dentro de una escala de susceptibilidad al patógeno. (Portero, 2004)

Escala de evaluaciones

Lectura de síntomas según el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz del IRRI (IRRI, 2002). Los tipos de lesión reconocidos se clasificaron de acuerdo a la siguiente escala:

0 = Sin lesiones presentes.

1 = Manchas pequeñas de color castaño 1-2 mm.

2 = Manchas color castaño de más de 2 mm.

3 = Manchas necróticas de color grisáceo de circulares a romboidales y hasta 5 mm.

4 = Manchas típicas de *Pyricularia oryzae*, elípticas a romboidales de más de 5 mm.

Clasificación según su resistencia o susceptibilidad de acuerdo al tipo de mancha presente y área foliar afectada, de acuerdo a clasificaciones previas:

Resistente (R): Lesión tipo 0, 1, 2.

Intermedio Resistente (IR): Lesión tipo 3 y 1-8% de área foliar afectada.

Intermedio Susceptible (IS): Lesión tipo 4 y 1-5% de área foliar afectada, o lesión tipo 3 y 8-20% de área foliar afectada.

Susceptible (S): Lesiones tipo 4 y más del 5% de área foliar afectada, o lesiones tipo 3 y más del 20% del área foliar afectada. (Martinez, 2011)

III. METODOLOGIA

Este trabajo de investigación documental fue realizado en función de la colecta, ordenamiento y revisión de investigaciones, realizadas en el cultivo de arroz, en temas relacionados (*Pyricularia oryzae*) de manera especial aquella información nos hable sobre la quemazón de arroz.

La recolección de información se ejecutó entre los meses de septiembre y noviembre de 2018. Los métodos utilizados se basaron en análisis de respuesta, los cuales permitieron obtener resultados de publicaciones en línea y trabajos escritos. Con el fin de determinar la calidad de la misma y poder así tomarla en consideración.

Como metodología para la recolección de información fueron usados los factores de impacto (índice Scopus, Scielo y Lantidex) del material escogido, además el tiempo de publicación y la procedencia del artículo. Para efecto de la realización del trabajo, se tomaron acciones de orden específico para establecer un adecuado formato de citación del documento, estos fueron:

1. Revisión de literatura
2. Adopción de una perspectiva o enfoque teórico
3. Elaboración del documento y fichas de nemotecnias

IV. RESULTADOS

4.1 Situaciones detectadas

Las condiciones ambientales durante el desarrollo del ensayo afectaron negativamente a todas las variables y tratamientos.

Todos los meses se presentó una humedad relativa alta, entre el 80 y 92%; la temperatura máxima osciló entre los 32 y 35°C; además de que se presentaron cuatro meses (de Enero hasta Abril) con precipitaciones diarias por debajo de los requerimientos mínimo diario del cultivo.

Las altas temperaturas por encima de los límites ayudan a la enfermedad a dispersarse de manera más rápida por el cual causa efecto entre a el rendimiento del grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración (Fao, 2013).

4.2 Soluciones planteadas

- Realizar siembra utilizando semilla mejorada o híbridos, que tienen garantía de resistencia a la enfermedad. Se debe utilizar los distanciamientos de siembras necesarios para así no tener un exceso de plantas por hectáreas.
- Efectuar un adecuado control de maleza para que no sean hospederos de la enfermedad.
- Llevar a cabo monitoreos tempranos para identificar los síntomas de la enfermedad. Y en caso de detectar la enfermedad se deberá aplicar de inmediato un fungicida a todo el cultivo.
- Realizar una adecuada fertilización balanceada, evitando el exceso de nitrógeno ya que este ablanda los tejidos de la planta y facilita la entrada de los hongos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye:

Después de un análisis profundo al investigar de modo exhaustivo, el investigador puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Existen estrictas sobre qué pesticida se debe utilizar para cada cultivo.
- La introducción de abejorros para polinizar los cultivos ha hecho necesario el uso de menos pesticidas.
- La gestión integrada de las plagas hace énfasis en el crecimiento de un cultivo sano con la menor perturbación posible de los agro - ecosistemas y promueve los mecanismos naturales de control de las plagas. O, alternativamente, qué pesticida debe elegir, cómo utilizarlo y qué restricciones aplican para su uso. No obstante, la conclusión de este artículo es que no existe una solución perfecta.
- La actividad antagónica de las bacterias rizosféricas contra *Pyricularia grisea* indica su eficiencia como agentes de control biológico y sus potencialidades para ser usadas como inoculantes microbianos en el cultivo del arroz.

Se recomienda:

- Se recomienda seguir realizando investigación con respecto a nuevos patógenos que se están presentando en áreas de producción intensiva de arroz y que podrían ser factores que estén afectando directa o indirectamente a la producción.
- Realizar este tipo de ensayos en la época de siembra recomendada, para que las condiciones edafo-climáticas sean las adecuadas para el desarrollo normal del cultivo.
- Es importante trabajar con cepas de rizobacterias autóctonas de los ecosistemas arroceros en estudio, las que podrían tener una mayor eficiencia ante las razas de patógenos presentes en las mismas condiciones naturales. Se debe realizar su aislamiento por diferentes metodologías, y luego usar como primer criterio de selección la actividad antagónica de los aislados ante el patógeno de interés, para posteriormente proceder a la caracterización de las cepas promisorias.
- Es necesario aislar y caracterizar cepas autóctonas de ecosistemas arroceros para obtener productos factibles desde el punto de vista ecológico, y abordar estudios básicos que contribuyan a dilucidar sus verdaderos mecanismos de acción, con el objeto de mejorar su efectividad y sostenibilidad cuando sean aplicadas a mayor escala. (Ártica, 2008)

VI. BIBLIOGRAFIA

- A., S., Castro, E. M., Araujo, L. G., & Berni, R. F. (2003). *Resistance spectra of six elite breeding lines of upland rice to Pyricularia grisea. Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 30:203-210. Sao Paulo.
- Agrios, G. (2008). *Fitopatología* 2º Ed. Mexico: Limusa. Recuperado el 19 de 12 de 2018
- Amante-Bordeos, A., Sitch, L. A., Nelson, R., Dalmacio, R. D., Oliva, N. P., Aswidinnoor H, & Leung, H. (1992). Transfer of bacterial blight and blast resistance from the tetraploid wild rice *Oryza minuta* to cultivated rice, *Oryza sativa*. *Theoretical and Applied Genetics*, 84 (3-4): 345 - 354. Recuperado el 15 de 12 de 2018
- Andrade , F., & Hurtado, J. (2007). *Taxonomía, morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz* . E.E. Boliche.
- Armijos , F. (2007). *Enfermedades fungosas del arroz, Manual del cultivo de arroz*. Ecuador, Guayas, Yaguachi, Km 26,5 vía Durán - Tambo, Virgen de Fátima. Recuperado el 15 de 12 de 2018
- Ártica, M. R. (2008). *Cultivo del arroz*. Lima: Macro.
- Baker, & Zambryzski. (1997). *signaling in plant*.
- bedendo. (s.f.).
- Bedendo, I. P., & Prabhu, A. S. (2005). *Doenças do arroz. Em: Kimati, H., L. Amorim, J. A. M. Rezende, A. Bergamin Filho, e L. E. A. Camargo. Manual de Fitopatologia*. (4 ed., Vol. 2).
- Bengamin. (1995). *Control genetico*.
- Brar, D. S., & Singh, K. (2011). Chapter 7: *Oryza*. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Cereals*. *Sprinter Berlin Heidelberg*, 497. Recuperado el 10 de 12 de 2018
- Carreres. (2005). *Enfermedades del arroz tecnicas del cultivo*.
- Certis. (03 de 08 de 2016). *"Descripción y control de plagas del arroz" del MAGRAMA* . Recuperado el 16 de 11 de 2018, de <http://www.certisagrosostenible.es/cultivo-de-arroz-plagas-y-enfermedades/>
- Counce, P. A., Keisling, T. C., & Mitchell, A. J. (2000). *A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development*. *Crop Science*.
- Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2000). *Arroz: Desordenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes*. 214.
- Ebbole, D. J. (2007). Magnaporthe as a model understanding host - pathogen interactions. *Annu. ev. Phytopathol*, 45: 437 - 56. Recuperado el 5 de 12 de 2018

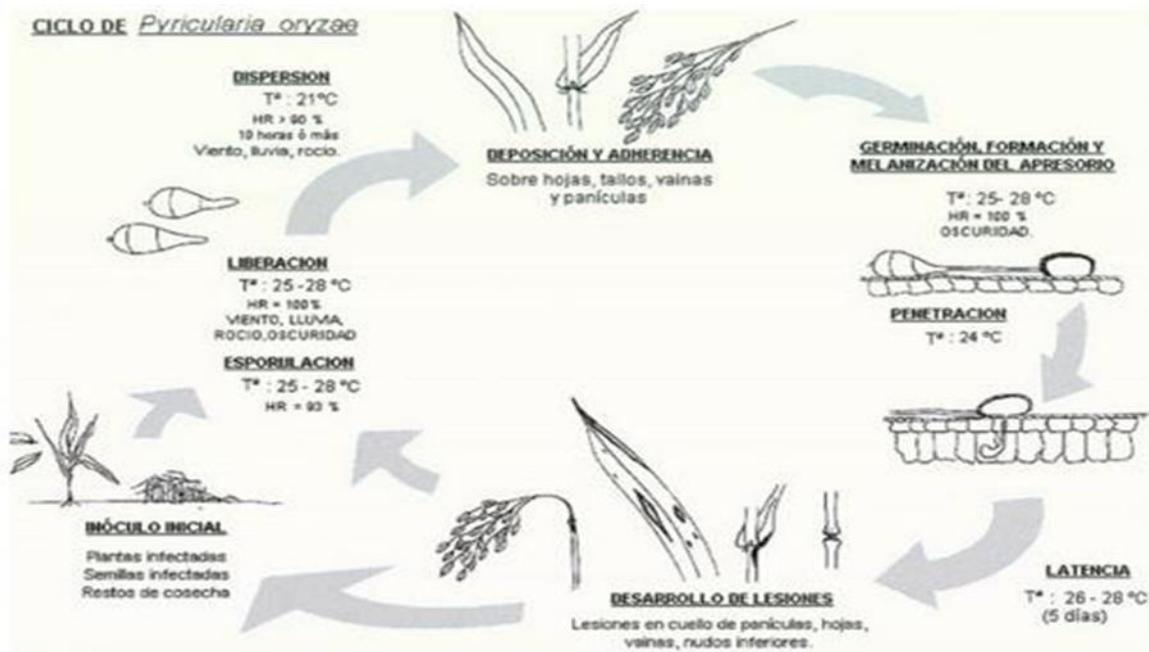
- EcuRed. (2017). *EcuRed*. Recuperado el 19 de 12 de 2018, de Enfermedades de las plantas : https://www.ecured.cu/Enfermedades_de_las_plantas
- Fao. (15 de 11 de 2013). *Seguimiento del mercado de arroz*. Recuperado el 17 de 11 de 2018, de www.fao.org/docrep/017/aq144s/aq144s.pdf
- Franquet, J. s. (2006). *Economía del Arroz: Variedades y mejora*. Recuperado el 19 de 12 de 2018, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1e.htm>
- García, M. G. (2005). Vaneamiento y manchado de grano en cultivos de arroz en Panamá. *Arroz*, 53: 455. Recuperado el 10 de 12 de 2018
- González, A., Álvarez, R., Reyes, E., & J. Pieters, A. (Enero de 2011). *ResearchGate*. Recuperado el 16 de 12 de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/237033151_Cincuenta_anos_de_mejora_miento_genetico_del_arroz_en_Venezuela_Que_se_ha_logrado
- Guerrero, Hernández, & Rodríguez. (2011). *perspectiva de la pyricularia*.
- Gutiérrez, S. A., & Cúndom Agueda, M. (25 de 07 de 2013). Guía para la Identificación de Enfermedades del Cultivo del Arroz (*Oryza sativa* L.) en la Provincia de Corrientes. Retrieved from Asociación Correntina de Plantadores de Arroz. Recuperado el 20 de 12 de 2018, de http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/Guia_de_enfermedades.pdf
- Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Perez, M., Acebo-Guerrero, Y., Velázquez-del Valle, M. G., & Hernández-Lauzardo, A. N. (2008). *Antagonistic activity of Cuban native rhizobacteria against Fusarium verticillioides (Sacc.) Nirenb. in maize (Zea mays L.)*. *Applied Soil Ecology*, 39 ("): 180-186.
- Howard, R. J., & Ferrari, M. A. (1989). Role of melanin in appressorium function. *Experimental Mycology*, 13(4), 403 - 418. Recuperado el 16 de 12 de 2018
- InfoAgro. (2012). Recuperado el 15 de 12 de 2018, de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- Infoagro. (03 de 04 de 2015). Recuperado el 22 de 11 de 2018, de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>. Consultado 03-04-2015
- InfoAgro. (2015). *La Pyricularia Oryzae del arroz*. Recuperado el 16 de 09 de 2018, de http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/pyricularia_oryzae_del_%20arroz.htm
- Iniap. (2 de 02 de 2015). *Programa nacional del arroz*. Obtenido de www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=16:arroz&catid=6:programas
- Jeung, J. U., Kim, B. R., Cho, Y. C., Han, S. S., Moon, H. P., Lee, Y. T., & Jena, K. K. (2007). A novel gene, Pit40(t), linked to the DNA markers derived from NBS_LRR motifs confer broad spectrum of blast resistance in rice. *Theoretical and Applied Genetics*, 115(8): 1163 - 1177. Recuperado el 15 de 12 de 2018

- Kankanala, P., Czymmek, K., & Valent, B. (2007). Roles for rice membrane dynamics and plasmodesmata during biotrophic invasion by the blast fungus. *Plant Cell*, 19(2): 706 - 724. Recuperado el 18 de 12 de 2018
- Leach, J. E., Davidson, R., Liu, B., Manosalva, P., Mauleon, R., Carrillo, G., . . . Leung, H. (2007). Understanding broad-spectrum durable resistance in rice. In *Rice Genetic V: Proceedings of the Fifth International Rice Genetics Symposium International Rice Research*. 191. Recuperado el 18 de 12 de 2018
- Lerch, G., A., T., & G., A. (1973). Desarrollo y rendimiento del arroz, var. IR 8 Cuba. Efecto de altas densidades en tres épocas de siembra del tercer año experimental de 1972/73. *Revista de Agricultura. Academia de Ciencias de Cuba*, 6(1): 16. Recuperado el 19 de 12 de 2018
- Luo, J., Qiu, H., Cai, G., Wagner, N., Battacharya, D., & Zhang, N. (2015). *Scientific Report* 5, 1 - 6. Recuperado el 14 de 11 de 2018
- Mag. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. San Jose. Costa Rica. Obtenido de www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_arroz.pdf
- Malavolta. (2007).
- Mestanza Revilla, E., & Ortega, P. G. (2004). *Control de Plagas y enfermedades*. Recuperado el 15 de 11 de 2018, de <https://worldwidescience.org/topicpages/d/del+cultivo+selectivo.html>
- Moreno, B., & Aguirre. (2014). Recuperado el 16 de 11 de 2018, de sipa.agricultura.gob.ec/.../arroz/rendimiento_arroz_primer_cuatrimestre_2014.pdf
- Mueller, K. E. (1984). *Problemas del cultivo de arroz en los trópicos. International Rice Research Institute*, p. 172. Los Baños, Filipinas: IRRI .
- Muñoz, L. (2014). *Enfermedades de las plantas*. Recuperado el 19 de 12 de 2018, de http://articulos.infojardin.com/plantas_de_interior/enfermedades-hongos-plantas-de-interior.htm
- Ortega , R. (2014). *Manual para la producción de semilla de arroz*. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Tecomán, Tecomán, Colima. Recuperado el 12 de 11 de 2018, de http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/PUBLI%20Arroz%201.pdf
- Picco, & Rodolfi. (2002). *Pyricularia*.
- Quintana, L. (2014). *Manejo de enfermedades del arroz*. Recuperado el 18 de 12 de 2018, de http://www.portalguarani.com/3180_lidia_quintana_de_viedma/24243_manejo_de_enfermedades_del_arroz_ing_agronoma_lidia_quintana_de_viedma.html
- Rodríguez, & Nass. (1991). *Las enfermedades del arroz y su control*.
- Rodriguez, Ramirez, & Cardenas. (2007). *Induction of defense response of oryza sativa*.

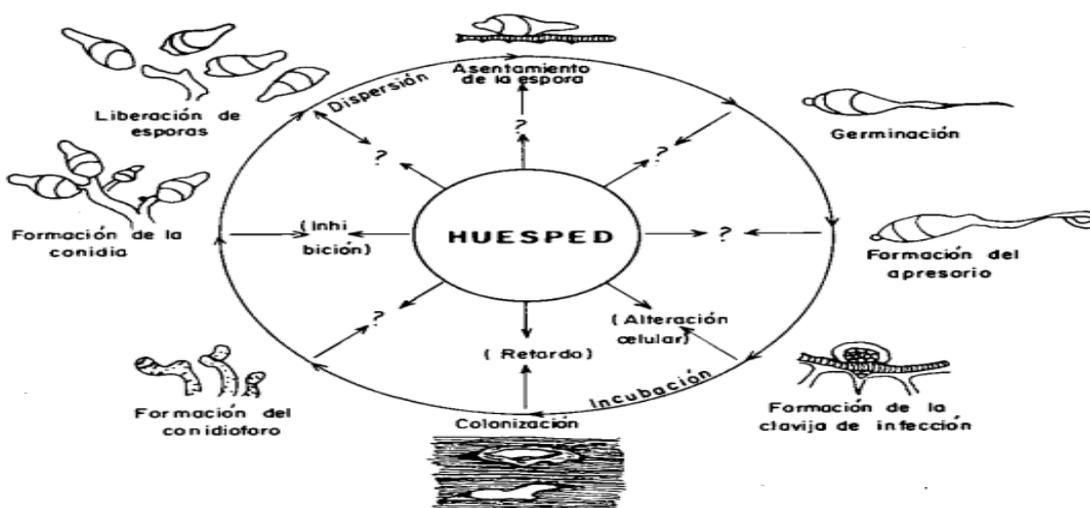
- Sánchez, P. L., Wing, R. A., & Brar, D. S. (2013). The wild relative of rice: Genomes and Genomics. *In: Genetics and Genomics of Rice*, 9 - 25. Recuperado el 15 de 11 de 2018
- Scheuerman, K. K., de Andrade, A., Wickert, E., Raimondi, J., & Marschalek, R. (2012). Magnaporthe oryzae genetic diversity and its outcomes on the search for durable resistance. In *The Molecular basis of plant genetic diversity*. INTECH open access Publisher.
- Sharma, T., Rai, A. K., Gupta, S. K., Vijayan, J., Devanna, B. N., & Ray, S. (2012). Rice blast management through host-plant resistance: retrospect and prospects. *Agricultura Research 1(1)*, 37 - 52.
- Tosa, Y., & Chuma, I. (2014). *Classification and parasitic specialization of blast fungi*. *Journal of General Plant Pathology*. Recuperado el 16 de 12 de 2018
- U.D.I. (21 de 03 de 2012). *blogspot.com*. Obtenido de <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012/08/enfermedades.html>
- Webster, R. K., & Gunnell, P. S. (1992). *Compendium of Rice Diseases*. *The American Phytopathological Society-APS*. St. Paul.
- Wilson, R. A., & Talbot, N. J. (2009). Under pressure: investigating the biology of plant infection by Magnaporthe oryzae. *Nature Reviews Microbiology*, 7(3): 185 - 95. Recuperado el 11 de 12 de 2018
- Zepeda, C. (2015). Recuperado el 13 de 11 de 2018, de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/32136>

ANEXOS

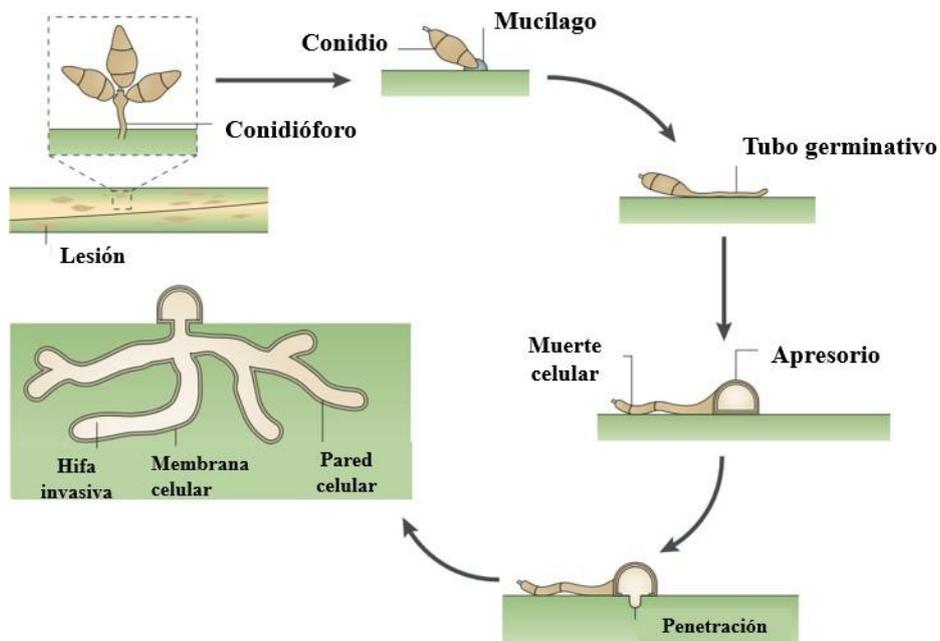
Anexo A: Ciclo de infección de *Pyricularia oryzae*.



Anexo B: Ciclo de la enfermedad conocida como quemazón del arroz, causada por el hongo *Pyricularia oryzae*.



Anexo C: Ciclo de vida del hongo *Pyricularia oryzae*. Modificado de: Wilson y Talbot (2009).



Anexo D: Daños producidos por *P. oryzae* en el cultivo de arroz.



Anexo E: Síntomas de *S. oryzae* en el cultivo del arroz.

