



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA**

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el
cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

AUTOR:

Jhon Alexander Solis Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Tito Bohórquez Barros, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

La investigación analizó las prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Los objetivos planteados fueron describir los diversos factores que provocan el acame en las plantas y conocer las diversas prácticas agrícolas para evitar el acame en el cultivo de arroz. Este documento se elaboró utilizando información bibliográfica de diversas fuentes, como sitios web, artículos, artículos científicos, revistas y libros. Las conclusiones determinaron que entre los factores causantes del acame se puede señalar que incluyen plantas con desarrollo radicular limitado (anclaje insuficiente), alta humedad del suelo resultante del exceso de riego o inundaciones por lluvia y velocidades del viento superiores a 30 km/h. Las diversas prácticas agrícolas empleadas para mitigar el acame en el cultivo de arroz implican la transición a una variedad más corta, el manejo de malezas, el ajuste o reducción de la densidad de siembra, el avance de las técnicas de labranza para minimizar el daño a las plantas, el aumento de la profundidad del suelo, el manejo de plagas de insectos y la transición a una variedad que responda óptimamente al nitrógeno aplicado. El agricultor juega un papel crucial en la prevención del acame implementando prácticas adecuadas de manejo nutricional, agronómico y fitosanitario. Estos esfuerzos tienen como objetivo minimizar las condiciones que favorecen el acame y, en última instancia, mejorar la resistencia del anclaje de la planta, permitiéndole resistir fuertes vientos de manera más efectiva.

Palabras claves: variedades, fertilización, humedad, acame, arroz.

SUMMARY

The research analyzed the agronomic practices used to prevent lodging in rice cultivation (*Oryza sativa* L.). The objectives set were to describe the various factors that cause lodging in plants and to know the various agricultural practices to avoid lodging in rice cultivation. This document was prepared using bibliographic information from various sources, such as websites, articles, scientific articles, magazines and books. The conclusions determined that the factors causing lodging include plants with limited root development (insufficient anchorage), high soil humidity resulting from excess irrigation or flooding due to rain, and wind speeds greater than 30 km/h. The various agricultural practices used to mitigate lodging in rice cultivation involve transitioning to a shorter variety, managing weeds, adjusting or reducing planting density, advancing tillage techniques to minimize damage to plants, increasing soil depth, managing insect pests and transitioning to a variety that responds optimally to applied nitrogen. The farmer plays a crucial role in preventing lodging by implementing appropriate nutritional, agronomic and phytosanitary management practices. These efforts are intended to minimize conditions that favor lodging and ultimately improve the plant's anchor strength, allowing it to withstand strong winds more effectively.

Keywords: varieties, fertilization, humidity, lodging, rice.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	3
2. DESARROLLO	4
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1.1. Cultivo de arroz.....	4
2.1.2. Factores que inciden en el acame de las plantas de arroz.....	5
2.1.2.1. Variedades de arroz	5
2.1.2.2. Características agronómicas del cultivo de arroz.....	7
2.1.2.3. Incidencia de plagas y enfermedades	8
2.1.2.4. Aporque.....	9
2.1.2.5. Aplicación de fertilizantes	9
2.1.2.6. Suelo.....	11
2.1.2.7. Agua	12
2.1.2.8. Condiciones climáticas.....	13
2.1.2.9. Incidencia de malezas.....	13
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. RESULTADOS.....	14
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
3.1. CONCLUSIONES.....	17
3.2. RECOMENDACIONES.....	18
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	19
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	19
4.2. ANEXOS	23

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El arroz *Oryza sativa* L. es uno de los cultivos más importantes del mundo y es el grano más consumido después del trigo. Un cultivo tropical y subtropical, la mayor producción del mundo se concentra en climas tropicales húmedos, pero también se puede cultivar en zonas húmedas con climas subtropicales, templados y mediterráneos. El cultivo se extiende desde los 49-50 grados de latitud norte hasta los 35 grados de latitud sur. El arroz se cultiva en zonas hasta 2.500 metros sobre el nivel del mar (Jiménez 2021).

Los principales estados productores son Guayas (73,92%) y Los Ríos (20,55%), pero en menor medida también se cultiva en Loja (2,81%), El Oro (2,10%) y Manabí (0,62%). En cuanto a la importancia del cultivo de arroz en la seguridad alimentaria, se ha encontrado que el consumo (demanda) de arroz a nivel de hogares a nivel nacional es de 45,47 kg/año, mientras que la oferta es de 51 kg/año. Esto indica que existe suficiente oferta para asegurar que los ecuatorianos consuman esta gramínea (Lema y Alarcón 2021)

Las enfermedades fúngicas que atacan a las plantas pueden provocar el acame de las plantas, provocando daños a partir de la etapa vegetativa. Los residuos de cultivos son la principal fuente de propagación de enfermedades, pero también hay especies de malezas hospedantes que mantienen vivo el inóculo. Todo esto conlleva a que el acame de las plantas sea un factor limitante del rendimiento del cultivo (Pérez *et al.* 2018)

El acame tiene un impacto negativo en las semillas de las plantas altas, lo que dificulta especialmente la cosecha en la región lluviosa del Amazonas y causa más daños a los cultivos. Si se retrasa la cosecha, el rendimiento se reducirá significativamente debido a la pérdida de semillas y al deterioro de la calidad debido al desgrane y acame de las plantas. Además, la diferencia en la probabilidad de acame en la interacción variedad x distancia se debe a las características genéticas

de cada variedad, como la altura de la planta y la corta distancia de siembra. Las variedades altas que se encuentran en distancias de siembra cortas tienen más probabilidades de acame (Torres 2013).

El acame temprano provoca que los tallos largos y delgados caigan prematuramente, la distribución de las hojas cambia, aumenta la sombra mutua, se interrumpe el transporte de nutrientes y la fotosíntesis, lo que induce esterilidad y reducción de la productividad. Además, se relaciona con otras características como el diámetro del tallo y el espesor de la pared. El acame hace que las partículas se vuelvan quebradizas y reduce la calidad de la molienda. La capacidad de resistir el acame está relacionada con la altura de planta, la naturaleza y extensión del sistema radicular, y el grosor y resistencia de los granos (Bustamante *et al.* 2017).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El arroz continuamente se ve afectado en su productividad por múltiples factores que afectan al cultivo, entre lo que se destaca el acame de las plantas.

El acame es un fenómeno en el que los tallos de los árboles se doblan o inclinan, provocando que cultivos como arroz, maíz, sorgo, trigo y muchos otros cereales se caigan debido a los fuertes vientos. El acame se produce por árboles con raíces poco desarrolladas (bien establecidas), árboles pesados, demasiada humedad por riego excesivo o inundaciones provocadas por el viento y la lluvia a velocidades superiores a 30 km/h.

El acame es un problema grave que puede reducir las ganancias económicas de los agricultores.

El costo de producción del cultivo de arroz es uno de los principales factores que merman su productividad, ya que debido a los costos generados no se aplican las prácticas agronómicas necesarias que deben efectuarse durante el desarrollo del cultivo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El arroz es el cereal de mayor consumo a nivel mundial, por lo tanto, para evitar el acame es necesario que se realicen ciertas prácticas como: cambiar a variedades de arroz más bajas; control de malezas; cambiar o reducir la densidad de siembra; mejorar las técnicas de preparación del suelo para evitar daños al cultivo; aumentar la profundidad del suelo; control de plagas y seleccionar variedades que respondan mejor a la cantidad de nitrógeno aplicado.

El acame es una característica que depende de la altura de la planta, el grosor del tejido del tallo, el macollamiento y la profundidad del sistema radicular, y puede causar esterilidad de la planta al cortar el suministro de nutrientes. Por todas estas razones, a menudo se seleccionan variedades resistentes.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Analizar las prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los diversos factores que provocan el acame en las plantas.
- Conocer las diversas prácticas agrícolas para evitar el acame en el cultivo de arroz.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos agropecuarios, Medio Ambiente, Biodiversidad y Biotecnología

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Cultivo de arroz

“Los orígenes del arroz se remontan a hace aproximadamente 9.000 años en China, donde se cultivó por primera vez. Además, es un sustento primordial y una fuente de sustento para numerosas familias en América, África y Asia” (Zambrano 2019).

Oryza sativa L., comúnmente conocido como arroz, es reconocido como el cultivo más importante a nivel mundial. Además de ser un producto básico junto con el maíz, representa la mayor superficie de tierra cultivada. Ecuador es reconocido como uno de los principales productores de arroz en América Latina, reputación que se atribuye a la importante demanda interna de este cultivo básico entre su población. De acuerdo a datos recopilados, se han identificado 394 813 hectáreas cultivadas con una producción total de 1 579 406 toneladas métricas. Nuestra cultura gastronómica está significativamente influenciada por este grano, que juega un papel vital en la dieta de todos los ecuatorianos (Mendoza 2020).

La semilla de arroz impacta significativamente en el éxito de la producción (INIAP). En Ecuador, las siembras iniciales de arroz se realizaron con materiales locales y variedades introducidas desde Colombia, como la Orizica. Desde su inicio en 1971, el Programa Nacional de Arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ha difundido variedades de arroz de diversas procedencias como INIAP 11, INIAP 14, INIAP 17, INIAP FLA1 e INIAP CRISTALINO, todas las cuales presentan resistencia al acame (Zambrano 2019).

2.1.2. Factores que inciden en el acame de las plantas de arroz

2.1.2.1. Variedades de arroz

En la actualidad, las variedades altas de arroz no son muy apreciadas por los productores de arroz, ya que enfrentan desafíos durante la etapa vegetativa que afectan la etapa reproductiva debido al acame o la inclinación causada por condiciones climáticas extremas, aunque sin impactar significativamente los rendimientos. "Se exploran nuevas estrategias de producción con la finalidad de mejorar el desarrollo de estas variedades de gran tamaño mediante el uso de productos fitosanitarios, los cuales posibilitan regular el crecimiento de las plantas mencionadas, mitigando de este modo los obstáculos que afectan a la productividad de forma inadecuada en los campos de cultivo" (Mendoza 2020).

En investigaciones llevadas a cabo en 1994 en el Centro de Investigaciones Agropecuarias Portuguesa (CIAEP) en el campo experimental, durante pruebas de rendimiento de líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) supervisadas por el Departamento de Mejoramiento Genético, se detectó la significativa aparición de una enfermedad que resultó en el acame de las plantas (Quintero 2019).

Los hallazgos de una extensa investigación realizada en China durante muchos años han demostrado que aproximadamente el 95 % de los híbridos presentan un aumento de rendimiento del 30 al 50 % en comparación con las mejores cepas parentales, un fenómeno genético conocido como heterobeltiosis. Además, alrededor del 20 al 30% de los híbridos superan la productividad de las mejores variedades comúnmente cultivadas en la región, lo que en genética se conoce como heterosis estándar (Álvarez *et al.* 2018).

Se ha observado que los mayores rendimientos se logran con híbridos de maduración tardía en lugar de con híbridos tempranos, particularmente en la subespecie *índica* y en cruces que involucran líneas parentales no relacionadas en la subespecie *japonica*. No obstante, a pesar de los progresos realizados para aumentar la producción, la heterosis conlleva un aumento de características no deseadas, como la altura de las plantas en los híbridos, lo cual puede resultar en un comportamiento indeseable al incrementar la vulnerabilidad al acame. Para mitigar este efecto, todos los híbridos comerciales emplean el gen de enanismo *sd1* presente en numerosos materiales de tipo semienano. (Álvarez *et al.* 2018).

El estudio genético y la selección mejorada en arroz son procesos esenciales destinados a desarrollar nuevos cultivares que exhiban rasgos estables y uniformes dentro de la población de cultivos, proporcionando así una alternativa beneficiosa para los productores. Lograr una mayor productividad, grano de alta calidad, un ciclo vegetativo más corto y resistencia al acame son las principales consideraciones en el desarrollo de nuevas variedades (Velasco 2019).

La investigación agrícola basada en biotecnología tiene como objetivo incrementar la producción de alimentos y gestionar la agricultura de manera eficiente para atender las demandas evolutivas de la sociedad. Esto se logra a través de diversas estrategias como el empleo de técnicas de cultivo de tejidos, manipulación y transferencia de genes, análisis de ADN, selección asistida por marcadores moleculares, así como la selección y clonación de plantas (Velasco 2019).

Existen cultivares que presentan mayor productividad, caracterizándose por niveles reducidos de granos vacíos en su composición de panícula y un menor número de espiguillas por panícula. Se logra un rendimiento de 120 quintales por hectárea partiendo de un promedio de 500 panículas por metro cuadrado, cada

una de las cuales contiene 58 granos llenos. Adicionalmente, se ha observado diversidad que ha sido gestionada dentro de un intervalo de 200 a 220 plantas. Por tratarse de un grano de reducido peso y tamaño, se ha empleado una densidad de siembra de 145 libras por acre. Dado que esta variedad es propensa al acame, sólo debe utilizarse durante los períodos secos (Miranda 2020).

La mejora de la genética vegetal puede mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola mediante la introducción de rasgos deseables adicionales, como un mejor valor nutricional, un mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia al acame y una mayor producción de metabolitos secundarios (Velasco 2019).

2.1.2.2. Características agronómicas del cultivo de arroz

Se identifican varias variedades que presentan una madurez fisiológica a los 138 días posterior al trasplante, con una estatura del tallo de 112 cm y una notable resistencia al acame, características que las distinguen de otras variedades cuya estatura alcanza los 140 cm, clasificándose como plantas intermedias y careciendo de resistencia al acame. La panícula o inflorescencia presenta una longitud de 29 cm, siendo la extensión de la panícula moderadamente elevada a 5 cm. La arista está ausente en la espiguilla y la relación grano/paja es de 1,3. El ancho de la semilla mide 3,4 mm, su espesor es 2,3 mm y el peso de mil semillas asciende a 40 g (Salcedo y Barrios 2019).

Existen cultivares de arroz con ciclo vegetativo intermedio, que oscila entre 112 y 119 días hasta la madurez. Presenta un adecuado crecimiento inicial con una altura que oscila entre 111 y 117 cm. Presenta un fuste robusto y flexible que le confiere cierta resistencia al acame, además de producir entre 6 y 19 hijos por planta (Quintero 2019).

El acame también provoca un aumento de los costes de cosecha y una reducción de la calidad de la molienda debido a la fragilidad del grano. La resistencia al acame se relaciona con características como una abundante y relativamente superficial estructura de raíces, vainas resistentes, entrenudos, y una altura de planta óptima. La incidencia de vuelcos o acames, especialmente cuando ocurren justo antes o después de la floración, resulta en una reducción de los niveles de producción (Ruiz y Centeno 2017).

“La longitud del tallo es un rasgo clave para la cosecha mecanizada y el rendimiento de los cultivos, ya que está estrechamente asociado con el acame de las plantas” (Flores y Álvarez 2019).

El diámetro del tallo es un parámetro crítico en las plantaciones de arroz, ya que impacta directamente la curvatura de los tallos en condiciones de fuertes vientos. Un incremento en el diámetro del tallo conduce a un aumento significativo en la resistencia a la inclinación en el cultivo. El diámetro del tallo es de suma importancia ya que está estrechamente relacionado con el rendimiento y el acame de la planta (Treminio 2017).

El acame del arroz conduce a una disminución de los rendimientos, ya que el grano generalmente no logra alcanzar su máximo potencial debido a enfermedades y pérdidas incurridas durante la cosecha causadas por la inclinación de la planta, particularmente durante las etapas de floración y maduración del grano (Ruiz y Centeno 2017).

2.1.2.3. Incidencia de plagas y enfermedades

Las lesiones resultan de la actividad de las larvas, las cuales perforan túneles o galerías en la planta, disminuyendo su vigor. Estas lesiones también representan sitios de entrada para otros agentes patógenos que pueden acabar por deteriorar los tallos, afectando el desarrollo de

las raíces y su capacidad de absorber agua y nutrientes, lo que conduce al acame de la planta (Godoy y Garzón 2015).

Dentro de los patógenos capaces de causar la enfermedad del añublo del arroz se encuentra el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc.) Arx & Oliver, que se encuentra en el suelo, actúa como parásito de las raíces, la base del tallo y la vaina de las hojas de las gramíneas. Se han identificado tres subespecies de la especie *G. graminis*, identificadas por la variación en la longitud de las ascosporas y las características del hifopodio (Quintero 2019).

2.1.2.4. Aporque

“El aporque es una práctica que se realiza una vez que el cultivo alcanza alturas cercanas a los 40 cm, con el objetivo de aportar materia orgánica a la planta y favorecer el anclaje para evitar el acame” (Villacís 2021).

2.1.2.5. Aplicación de fertilizantes

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de las variedades de arroz de altura, se implementó un inhibidor de la síntesis de ácido giberélico. Este enfoque presentaba atributos significativos como la optimización del particionamiento de biomasa, resultando en la reducción del tamaño de la planta para prevenir el acame, un fenómeno común causado por la incidencia de vientos cuya fuerza afecta negativamente el porte y la estatura de las plantas. Este enfoque permitió potenciar la producción agrícola (Mendoza 2020).

El potasio desempeña un papel crucial en la regulación de la apertura y cierre de los estomas, lo cual está asociado con la modulación de la difusión del dióxido de carbono en los tejidos clorofílicos. Es imperativo en la función de las enzimas (Arreaga 2014).

Además, a diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no afecta

significativamente la oleoductos; sin embargo, su presencia aumenta el número de granos por panícula, el porcentaje de granos rellenos y el peso de 1000 granos. Además, mejora la tolerancia de la planta a condiciones adversas, acame y ataques de plagas y enfermedades. Por lo tanto, el cloruro de potasio es la principal fuente de fertilizantes para este elemento aplicado en el arroz, debido a sus bajos costos de producción y su alto contenido de K_2O (60 %) (Miranda 2019).

La deficiencia de potasio dificulta el macollamiento y puede provocar un retraso moderado en el crecimiento de las plantas. Conforme las plantas alcanzan su madurez, las hojas inferiores muestran una tonalidad verde amarillenta a lo largo de las venas y comienzan a inclinarse hacia abajo. Con el transcurso del tiempo, las hojas más bajas adquieren una tonalidad marrón, mientras que la coloración amarillenta se manifiesta en las hojas superiores. Las plantas que presentan deficiencia de potasio presentan problemas de acame y una alta proporción de espiguillas vacías o parcialmente llenas (Arreaga 2014).

La deficiencia de potasio afecta negativamente el crecimiento general y disminuye el macollamiento, lo que lleva a una mayor ocurrencia de acame de las plantas. Esta condición resulta en senescencia prematura de las hojas, marchitez y curvatura de las hojas. Además, puede provocar un alto porcentaje de espiguillas vacías o parcialmente llenas y una mayor susceptibilidad a las enfermedades. Los síntomas de deficiencia de potasio suelen pasar desapercibidos con mayor frecuencia en comparación con los de deficiencia de fósforo y nitrógeno, debido a que los primeros tienden a manifestarse en etapas más tardías del ciclo de desarrollo de la planta (Miranda 2019).

A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no tiene un impacto significativo en el macollamiento; sin embargo, la deficiencia de potasio afecta negativamente el crecimiento general y reduce el macollamiento, lo que lleva a una mayor incidencia de acame en las plantas (Miranda

2019).

También es viable utilizar productos reguladores del crecimiento cuando se aplican al inicio del macollamiento, lo que reduce la distancia entrenudos del tallo y aumenta su grosor. Esto facilita el crecimiento de plantas más bajas que exhiben una mayor resistencia al acame. Las tormentas tropicales, los huracanes y los tornados provocan el alojamiento de la espiga y el tallo del cultivo, lo que reduce el rendimiento del mismo (Vignola *et al.* 2018)

El potasio incrementa la capacidad de las plantas para resistir el estrés por sequía, enfermedades y condiciones climáticas adversas. El proceso de absorción de potasio durante el ciclo del cultivo avanza de forma similar al del nitrógeno. La dosis de potasio a aplicar oscila entre 80 y 150 kg de K₂O/ha. Se aplican cifras altas en suelos sueltos y cuando se utilizan altas dosis de nitrógeno. Alternativa: Se observan valores elevados en suelos sueltos y cuando se aplican altos niveles de nitrógeno (Arreaga 2014).

2.1.2.6. Suelo

Los cultivos muestran preferencia por suelos franco arcillosos, aunque en suelos arenosos durante las estaciones secas se debe proporcionar riego suplementario. La profundidad es una consideración crítica para el crecimiento óptimo de los cultivos, y los suelos poco profundos hacen que los cultivos sean vulnerables al acame. Con un rango de pH de 5 a 8.5, caracterizado por su moderada acidez o neutralidad. No soporta un mal drenaje, provocando encharcamientos. Si bien tolera la baja fertilidad, se recomienda fertilizar dadas las características del suelo (Godoy y Garzón 2015).

El arroz prospera en suelos fértiles; sin embargo, la aplicación excesiva de nitrógeno puede promover un crecimiento vegetativo excesivo, lo que lleva a un mayor acame. Otros factores mencionados incluyen el espaciamiento de las plantas, la longitud de los entrenudos, el viento, la lluvia y la cantidad de fertilizantes aplicados, todos los cuales contribuyen al acame de las plantas (Ruiz y Centeno 2017).

2.1.2.7. Agua

En cuanto al uso del agua, establecer una lámina hídrica 15 días después de la emergencia, durante la pregerminación y la siembra en suelo seco, o de ocho a 10 días después del trasplante, facilita un mejor establecimiento del cultivo, un mayor anclaje de las raíces, una mayor capacidad de absorción de nutrientes y una mayor tolerancia a condiciones climáticas adversas, reducción del riesgo de acame y, en consecuencia, aumento de los rendimientos (Dotto *et al.* 2020)

Se aconseja plantar en pendientes con pendientes inferiores al 30 % para evitar el acame, y cuando la pendiente supere el 20 % se recomienda aumentar la densidad de plantación. Para lograr la retención de agua, es recomendable integrar esta práctica con infraestructuras complementarias como las acequias. Los residuos de cultivos se pueden disponer a lo largo de la misma línea que la barrera para mejorar la infiltración del agua, o se pueden utilizar como material de compostaje (Godoy y Garzón 2015).

Las láminas de agua que superan los 10 cm no sólo contribuyen a un mayor uso de agua, sino que también dificultan el macollamiento de las plantas, predisponen a las variedades susceptibles al acame y promueven el desarrollo de enfermedades, entre otras cuestiones (Dotto *et al.* 2020).

2.1.2.8. Condiciones climáticas

La intensidad luminosa es un factor crítico ya que una disminución de las horas de exposición a la luz puede alargar el ciclo vegetativo de la planta. No es aconsejable establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos superiores a 20 km/h, ya que esto puede provocar acame, daño foliar y pérdidas en la producción (Sánchez 2023).

Hay dos formas de daño provocadas por los vientos: la primera ocurre cuando estos son intensos y resultan en el acame de las plantas, llegando incluso a desraizarlas. Sin embargo, el daño más significativo surge de las lesiones provocadas por vientos de intensidad moderada, los cuales causan el desgarramiento o "desflechado" de las hojas, generando tiras foliares y disminuyendo el área foliar activa. Como resultado, se ve afectada la producción de asimilados. En condiciones de alta temperatura, esta defoliación puede resultar ventajosa, ya que la reducción del área foliar minimiza la transpiración de la planta. En consecuencia, se emplean variedades de arroz de altura moderada para mejorar la productividad (Álvarez 2022).

Las lluvias intensas provocan pérdida de polen, marchitamiento de las panículas, reducción de la calidad y desarrollo del grano (incluyendo manchas de grano, granos calcáreos, entre otros). Igualmente, podría inducir el acame del cultivo (debido al incremento en el peso de la planta, lo cual favorece su inclinación por influencia de las precipitaciones y vientos intensos) y el incremento de patologías como el falso carbón (*Ustilaginiodea virens*). Estos impactos resultan en una disminución del rendimiento (Vignola *et al.* 2018)

2.1.2.9. Incidencia de malezas

Una de las malezas que disminuye el rendimiento del arroz es *Ischaemum rugosum* Salisb., comúnmente conocida como cangrejo peludo. Esta maleza presenta un ciclo de crecimiento similar al del arroz, provocando problemas de

acame que comprometen la cosecha. Además, sirve como huésped de plagas de insectos y patógenos de importancia económica que afectan el cultivo del arroz. Según las estimaciones, los productores asignan entre el 10 y el 30 % de los costos totales de producción de arroz al control de malezas. Un desafío importante en el control de malezas debido a la evolución de su resistencia es la necesidad de una mayor inversión, lo que en última instancia podría resultar en la pérdida total de la cosecha (Torres *et al.* 2017).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Este documento se elaboró utilizando información bibliográfica de diversas fuentes, como sitios web, artículos, artículos científicos, revistas y libros.

La información de diversas fuentes se analizó y resumió para llegar a conclusiones apropiadas y comprensibles sobre las prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el cultivo de arroz.

2.3. RESULTADOS

El acame de la raíz ocurre cuando el tallo se inclina más de treinta grados desde la posición vertical, mientras que el acame del tallo ocurre cuando el tallo se rompe debajo de la espiga. Las plantas que crecen en posición vertical reflejan su capacidad para adaptarse a condiciones desfavorables.

La fuerza del tallo es un factor crucial en las variedades para minimizar al máximo el acame. La fragilidad del tallo y otros órganos vegetativos está determinada por factores genéticos; químicamente, esto se atribuye a un bajo contenido de alfa-celulosa.

El momento de la cosecha es de suma importancia, ya que influye directamente en la calidad y la aceptación del grano en el mercado, al tiempo que sirve para mitigar las pérdidas resultantes del desmenuzamiento, el acame, las enfermedades, las plagas de insectos y los daños causados por las aves.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El alojamiento de la raíz ocurre cuando el tallo se dobla a más de treinta grados desde la posición vertical, mientras que el alojamiento del tallo tiene lugar cuando el tallo se rompe debajo de la oreja. Las plantas que exhiben patrones de crecimiento vertical demuestran su capacidad de adaptación a condiciones ambientales desfavorables. Flores y Álvarez (2019) respaldan la premisa de que la dimensión del tallo incide de manera significativa en la viabilidad de la recolección mecanizada y en el rendimiento agrícola, dado que guarda una estrecha relación con el fenómeno de inclinación de las plantas.

La fuerza del tallo es un factor crítico en los cultivares para minimizar eficazmente el acame. La fragilidad del tallo y otros órganos vegetativos está determinada por factores genéticos; químicamente, esto se atribuye a un bajo contenido de alfa-celulosa. Según Treminio (2017), se evidencia que el tamaño del diámetro del tallo constituye un factor crítico en las plantaciones de arroz, debido a su influencia directa en la flexión de los tallos bajo condiciones de viento intenso. Un aumento en el diámetro del tallo da como resultado un aumento notable en la resistencia al acame del cultivo. El diámetro del tallo es de importancia crítica ya que está estrechamente relacionado tanto con el rendimiento como con el acame de la planta.

El momento de la cosecha es crucial ya que afecta directamente la calidad y la aceptación del grano en el mercado, al mismo tiempo que sirve para mitigar las pérdidas resultantes de la rotura, el acame, las enfermedades, las plagas de insectos y el daño de las aves. Esto se alinea con los hallazgos de Ruiz y Centeno (2017), quienes observaron que el acame en el arroz conduce a rendimientos reducidos, ya que los granos muchas veces no alcanzan su máximo potencial debido a enfermedades y pérdidas incurridas durante la cosecha causadas por la inclinación de la planta, particularmente durante la floración. y etapas de maduración del grano.

La deficiencia de potasio en el cultivo de arroz produce acame o vuelco de las plantas, por lo que su adecuada aplicación contribuye al desarrollo y producción del cultivo, como lo señala Miranda (2019) quien afirmó que el potasio no afecta significativamente los ductos; sin embargo, su presencia aumenta el número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos. Además, mejora la tolerancia de la planta a condiciones adversas, acame y ataques de plagas y enfermedades". Alternativamente: "Además, aumenta la resistencia de la planta a condiciones desfavorables, acame y presiones de plagas y enfermedades. Así, el cloruro de potasio es la principal fuente de fertilización de este elemento utilizado en el cultivo del arroz, atribuido a su rentabilidad en producción y alto contenido de K₂O del 60%.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Entre los factores causantes del acame se puede señalar que incluyen plantas con desarrollo radicular limitado (anclaje insuficiente), alta humedad del suelo resultante del exceso de riego o inundaciones por lluvia y velocidades del viento superiores a 30 km/h. En tales circunstancias, la saturación de humedad debilita el sistema radicular de la planta, lo que la hace más susceptible a los efectos del viento, resultando en una inclinación o tendido completo de la cosecha.

Las diversas prácticas agrícolas empleadas para mitigar el acame en el cultivo de arroz implican la transición a una variedad más corta, el manejo de malezas, el ajuste o reducción de la densidad de siembra, el avance de las técnicas de labranza para minimizar el daño a las plantas, el aumento de la profundidad del suelo, el manejo de plagas de insectos y la transición a una variedad que responda óptimamente al nitrógeno aplicado.

El agricultor juega un papel crucial en la prevención del acame implementando prácticas adecuadas de manejo nutricional, agronómico y fitosanitario. Estos esfuerzos tienen como objetivo minimizar las condiciones que favorecen el acame y, en última instancia, mejorar la resistencia del anclaje de la planta, permitiéndole resistir fuertes vientos de manera más efectiva.

3.2. RECOMENDACIONES

Para prevenir el acame se recomienda la aplicación de hormonas de enraizamiento como las citoquininas que ayudan a promover el desarrollo de las raíces lo que contribuye a una mayor resistencia de acame.

Se recomienda un manejo adecuado del nitrógeno ya que al excederse de nitrógeno en el cultivo de arroz existirán problemas como un crecimiento excesivo con árboles pesados vulnerables al acame.

Sembrar variedades de arroz con tallos más fuertes y resistentes al acame tales como: INIAP 11, INIAP 14, INIAP17, INIAP FLA1 e INIAP CRISTALINO.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, M. 2022. Evaluación y seguimiento de labores agronómicas en el cultivo de banano (*Musa AAA*) tipo exportación en la finca Santa Marta Fabio, Apartadó-Antioquia. Disponible en <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/8359db63-51f2-48d0-b90e-e6d5240c9982/content>
- Álvarez, R; Pérez, M; Reyes, E; Moreno, O; Delgado, N; Torrealba, G; Acevedo, M; Castrillo, W; Navas, M; Salazar, M; Torres, O; Torres, E; García, P; Pérez, A. 2018. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los Llanos Centroccidentales de Venezuela. Vol. 58, num. 2. *Agronomía Tropical*. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000200001&lng=es&tIng=es.
- Arreaga, M. 2014. Comportamiento agronómico del cultivo de arroz *Oryza sativa* L. con diferentes niveles de Zn, Si y K. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/33cd2e1f-ffa3-4e76-9c90-396ba0bef0d8/content>
- Bustamante, V; Méndez, C; Artola, E; Vallecillo, L. 2017. Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) y dos testigos comerciales bajo condiciones de riego por inundación, Sébaco, Matagalpa. Vol. 17, num. 29. *La Calera*. Disponible en <https://revistasnicaragua.cnu.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/4658/4554>
- Dotto, G; Muñoz, L; Graterol, E; Jiménez, D; Bruzzone, C. 2020. Fichas técnicas para el uso eficiente del agua en arroz, para Perú. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/d8ef241c-6a10-42d5-9a4b-74b0cc28717f/content>

- Del Castillo, E. & Álvarez, G. 2019. Variabilidad genética de dos poblaciones de arroz permite la selección de plantas promisorias para la cosecha mecanizada. Vol. 19, num. 33. La Calera. Disponible en <https://camjol.info/index.php/CALERA/article/view/8841/9954>
- Godoy, G. & Garzón, R. 2015. Diagnóstico del estado de la parcela de conservación de Zamorano: estudio de suelos, producción de cultivos y prácticas de conservación de suelos. Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7b3696e9-df44-4e5d-93cd-9534dddbd31a/content>
- Jiménez, M. 2021. Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz: Importance of climate factors in rice crop. Vol. 6, num. 1. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Disponible en <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1080/1164>
- Lema, V. & Alarcón, S. 2021. El proceso de adopción de innovaciones en el cultivo del arroz en Ecuador. Disponible en https://www.acta.org.co/acta_sites/alimentoshoy/index.php/hoy/article/view/546
- Mendoza, O. 2020. Efectos del paclobutrazol en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el campus “La María”, Mocache 2020. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9c3b54d-2daa-4042-89e5-a53d4519419c/content>
- Miranda, C. 2019. Rendimiento del cultivo de arroz (*oryza sativa l.*) cv. la esperanza–inia 509, con tres distanciamientos y diferente número de plantas por golpe, bajo riego en Tocache-San Martín. Disponible en http://181.176.159.234/bitstream/handle/20.500.14292/1548/MADOG_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda, J. 2020. Fertilización con motobomba en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) Empresa Agrícola Miramontes S. A: San Lorenzo, Boaco 2019. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/4180/1/tnf04m672.pdf>
- Pérez, H; Rodríguez, I; García, R. 2018. Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. Vol. 6, num. 1.

Revista Científica Agroecosistemas. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

Quintero, M. 2019. Evaluación del uso de las formulaciones biológicas NanoXtinger 10 GW®, Nano-Steel 10 GW®, y Nano-Mix 10® GW para el control de “*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*Sacc Von Arx& Oliver”, en el cultivo de arroz, *Oryza sativa* L., Variedad UP 80 FL. Universidad de Panamá. Disponible en http://up-rid.up.ac.pa/7043/1/manuel_quintero.pdf

Ruiz, S. & Centeno, N. 2017. Evaluación del comportamiento agronómico de once líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria, UNA. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf>

Salcedo, J. & Barrios, E. 2019. Morelos A-2010, nueva variedad de arroz para siembra directa para el Centro de México. Vol. 3, num. 7. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n7/v3n7a15.pdf>

Sánchez, K. 2023. Monitoreo al sistema de drenaje y seguimiento de labores agronómicas en la productividad del cultivo de banano (*Musa* AAA), en la finca Santa Helena, Carepa-Antioquia. Disponible en <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/40243374-98e2-49e5-8fbc-b8dec6304e66/content>

Torres, R. 2013. Evaluación Agronómica de cinco variedades de Arroz (*Oryza sativa* L.) a dos distancias en Siembra Directa bajo el Sistema de Cultivo en Secano en la comunidad de Nushino Ishpingo del cantón Arajuno, provincia de Pastaza. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/13T0767%20.pdf>

Torres, S. & Ortiz, A. 2017. Mecanismos de resistencia de paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb.) al herbicida bispiribac-sodio en el cultivo de arroz. Vol. 29, num. 2. Bioagro. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000200003&lng=es&tlng=es

Treminio, J. 2017. Efectos del silicato agrícola térmico al 75% en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Palo 2, en variables de crecimiento y rendimiento,

en el municipio de San Isidro-Matagalpa, 2016. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/3540/1/tnf01t789.pdf>

Velasco, C. 2019. Producción y agronomía de siete líneas F4 de arroz, derivadas de cruces interespecíficos entre *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* x *Oryza rufipogon* G., en la zona de Babahoyo. Universidad técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5995/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vignola, R; Poveda, K; Watler, W; Vargas, A; Berrocal, A; Morales, M. 2018. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en Costa Rica. “Como parte del estudio de prácticas efectivas para adaptación de cultivos prioritarios para seguros en Costa Rica”. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8148.pdf>

Villacís, J. 2021. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1fc43c98-15b5-48c9-9e4e-806757615869/content>

Zambrano, D. 2019. Efectos de la aplicación de tres abonos orgánicos comerciales en las características agronómicas y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ac279db2-3190-4aa2-990f-817927f027de/content>

4.2. ANEXOS

Anexo 1: Volvimiento del cultivo de arroz por problemas de acame.



(Mikaela.C.A. 2020)

Anexo 2: Plantas de arroz cubiertas por el viento y la lluvia.



(Planeta arroz, 2020)

Anexo 3: Acamamento das plantas de arroz causado pela queima-da-bainha (*Rhizoctonia solani*)



(Revista cultivar, 2021)