CAPÍTULO 1

1. EL ARROZ

El arroz siendo la gramínea mas sembrada después del trigo, consta como un alimento básico a nivel mundial, de suma importancia en la cultura alimentaria de varios países, y cuyo desarrollo e investigación es indispensable para la seguridad alimentaria mundial. (2)

1.1. Taxonomía

El arroz (*Oryza sativa)* es una monocotioledónea perteneciente a la familia *Poaceae.* Área sembrada anualmente en el país es de 338.567 hectáreas, haciendo que el país sea autosuficiente y teniendo, de esta manera, la posibilidad de exportar excesos de producción, especialmente, hacia Colombia un mercado tradicional. (7)

1.2. Morfología de la planta de arroz.

El arroz se desarrolla en regiones húmedas y calurosas, en los trópicos y sub- trópicos en que haya disponible agua fresca y en donde las cualidades del suelo permiten la irrigación.

La planta arrocera tiene que estar unos centímetros por debajo del agua durante el período del crecimiento. (2)

1.2.1. Órganos Vegetativos

- **Raíz.**

La raíz primaria no desempeña una función nutritiva, sino esencialmente de anclaje mecánico en el terreno.

Las raíces embrionales degeneran rápidamente y son substituidas por coronas de raíces que, posteriormente, se forman en cada nudo situado en la base del tallo. Después y progresivamente, las raíces se desarrollan en cada tallo formado durante el ahijamiento y a menudo también en los nudos más elevados, como en el caso del transplante. Tal vez, en circunstancias particulares, también los nudos aéreos emiten raíces, cubiertas por las vainas foliares, principalmente como consecuencia de lesiones ocasionadas por el granizo o por otras causas mecánico-traumáticas. (3)

El desarrollo máximo del sistema radicular se alcanza al término del ahijamiento, paralelamente con el máximo incremento porcentual del peso de la planta y de la absorción de nutrientes.

La extensión y densidad del aparato radicular están estrechamente correlacionadas con la forma de cultivo: aireación del suelo, altura de la capa de agua y sistema de riego, fertilización del suelo, etc. Durante la

floración termina la formación y desarrollo de las raíces; la absorción de nutrientes cesa en la fase de maduración láctea, esto es, a los 10-15 días después de la floración. Durante las primeras fases vegetativas las raíces se desarrollan junto a la superficie del suelo; después, en la fase de ahijamiento, también en profundidad: en función de la variedad y, en igualdad de condiciones, más o menos profundamente según que la modalidad de riego sea por turnos o con inundación continúa. Balilla y Ribe, por ejemplo, extienden el sistema radicular más superficialmente que las variedades "Roma" y "Zenit". Normalmente, las variedades muy resistentes al encamado profundizan mucho más sus raíces que las sensibles.

- **Tallo**

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos .En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja.

El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes.

El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado. Su superficie exterior carece de vello, y su brillo y color dependen de la variedad. La longitud del entrenudo varía siendo mayor la de los entrenudos de la

parte más alta del tallo. Los entrenudos, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida.

La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos, el medio ambiente, puede variarlos pero en condiciones semejantes tienen valores constantes.

- **Hoja**

Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófilo, no tiene lámina y están constituido por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófilo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original.

En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina. (4)

La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenudo Inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente. La vaina, dividida desde su base, está finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie.

El pulvínulo de la vaina es una protuberancia situada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo.

En el cuello se encuentran la lígula y las aurículas. La lígula es una estructura triangular apergaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina.

Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa.

Las hojas de la planta de arroz tienen lígula y aurículas, mientras que malezas comunes en los arrozales, como Echinochloa spp. Carecen de ellas, facilitando su identificación en el estado de plántula

La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades.

La haz o cara superior tiene venas paralelas; la nervadura central es prominente y sobre ella, en algunos casos, se enrolla la lámina. La presencia de vello en las hojas y de pigmentación antociánica en los márgenes, o en toda la lámina son caracteres varietales, con expresión variable según las condiciones ambientales.

La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás. (3)

1.2.2. Órganos Reproductivos

- **Espiguillas**

Las espiguillas de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado.

El nudo ciliar o base de la panícula generalmente carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula.

El entrenudo superior del tallo en cuyo extremo se encuentra la panícula se Denomina pedúnculo. Su longitud varía considerablemente según la variedad de arroz; en algunas variedades puede extenderse más allá de la hoja bandera o quedar encerrada en la vaina de ésta.

El raquis o eje principal de la panícula es hueco, de sus nudos nacen las ramificaciones. Las protuberancias en la base del raquis se denominan pulvínulos paniculares.

En cada nudo del eje principal nacen, individualmente o por parejas, ramificaciones, las cuales a su vez dan origen a ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas. (3)

Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la

panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad.

La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros.

La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género Oryza se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla.

- **Semillas**

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lemma, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación.

Debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de éstas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona. El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la coleorriza.

El grano de arroz descascarado es un cariopside; se conoce con el nombre de arroz integral, y aun conserva el pericarpio de color marrón rojizo o púrpura. (2)

1.3. Crecimiento y Desarrollo de la planta de arroz.

En base al manual del cultivo del arroz del INIAP, del cual se hizo la referencia bibliográfica; existen diez etapas de crecimiento de la planta de arroz, que están dadas por los cambios fisiológicos que sufre a lo largo de su vida, las cuales están dentro de las fases vegetativas, reproductivas y de maduración. Como se detalla a continuación.

1.3.1. Fases de crecimiento y desarrollo

Este ciclo se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente de la planta embrionaria (plántula de arroz no nacida). La planta embrionaria germina en una plántula, que crece a continuación hasta constituir una planta madura. En los trópicos, las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período general que va de 110 a 210 días, cayendo el módulo entre 100 y 150 días, ocurriendo esto en diferentes etapas. (2)

1.3.2. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase vegetativa.

Etapa 0

Germinación emergencia: Desde la siembra hasta la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo, demora de 5 a 10 días.

Etapa 1

Plántula: Desde la emergencia hasta antes de aparecer el primer hijo o macollo, tarda de 15 a 20 días.

Etapa 2

Macollamiento: Desde la aparición del primer hijo o macollo hasta cuando la planta alcanza el número máximo de ellos, o hasta el comienzo de la siguiente etapa. Su duración depende del ciclo de la vida de la variedad. En la variedad INIAP 14 Boliche varía entre 25 y 35 días.

Etapa 3

Elongación del tallo: Desde el momento en que el cuarto entrenudo del tallo principal empieza a destacarse por su longitud, hasta el comienzo de la siguiente etapa, varía de cinco a siete días.

1.3.3. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase reproductiva.

Etapa 4

Iniciación de la panícula o primordio: Desde cuando se inicia el primordio de la panícula en el punto de crecimiento, hasta cuando la panícula diferenciada es visible como “punto de algodón”. Tiene un lapso de 10 a 11 días.

Etapa 5

Desarrollo de la panícula: Desde cuando la panícula es visible como una estructura algodonosa, hasta cuando la punta de ella está inmediatamente debajo del cuello de la hoja bandera. Esta etapa demora entre 15 y 16 días.

Etapa 6

Floración. Desde la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera hasta cuando se completa la antesis en toda la panícula. Tiene un lapso de 7 a 10 días.

1.3.4. Etapas de crecimiento y desarrollo en la fase de maduración.

Etapa 7

Grano lechoso. Desde la fertilización de las flores hasta cuando las espiguillas están llenas de un líquido lechoso. Varía de 7 a 10 días.

Etapa 8

Grano pastoso. Desde cuando el líquido que contiene los granos tiene una consistencia lechosa, hasta cuando es pastosa dura. Su periodo es de 10 a 13 días.

Etapa 9

Grano maduro. Desde cuando los granos contienen una consistencia pastosa, hasta cuando están totalmente maduros. Su tiempo es de 6 a 7 días.

1.4. Labores Culturales

1.4.1. Preparación de terreno

El objetivo de la preparación del terreno es optimizar las condiciones para el buen manejo crecimiento y desarrollo del cultivo. Bajo condiciones de terreno seco se usan implementos como arado, romplow y rastra. En condiciones de inundación se realiza el fangueo del suelo, que consiste en batir el suelo con un tractor provisto de gavias de hierro que reemplazan a las llantas convencionales. En el último pase de fangueo se acopla un madero al tractor para nivelar el suelo.

1.4.2. Semillero

Se realiza en suelos fangueados y nivelados, con una área de 1 m x 10 m. La semilla pre germinada se siembra al voleo con una densidad de 250 g/m_2. Se debe mantener constante la humedad del suelo del semillero sin permitir que se agriete.

1.4.3. Trasplante

Los semilleros entre los 15 – 21 días se procede al trasplante, que consiste en arrancar las plantas cuidadosamente del semillero para sembrarlas en el terreno definitivo.

1.4.4. Riego.

El arroz es un cultivo semiacuático, requiere más agua que la mayoría de las gramíneas. El agua es fundamental para los requerimientos fisiológicos de la planta, también influye en la emergencia y establecimiento de arroz, disponibilidad de nutrientes, control de malezas, control de insectos plaga, reducción de la incidencia de enfermedades y reduce la esterilidad provocada por bajas temperaturas en periodos críticos.

En un cultivo normal los requisitos de agua varían con las condiciones climáticas, las condiciones físicas del suelo, manejo del cultivo y periodo vegetativo de las variedades. Los requerimientos de agua del cultivo del arroz se estiman entre 800 a 1,240 mm.

1.5. Fertilización

La fertilización del arroz se basa principalmente en la aplicación de N, P, y K. La adición de micronutrientes se justifica solo en casos de altos rendimientos y manejo agronómico óptimo. Un análisis de suelo es la herramienta más adecuada para decidir el tipo y las dosis de fertilizante a aplicar.

1.5.1. Requerimientos de fertilización

El fosforo influye de manera positiva sobre la productividad del arroz,

aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano.

El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde los 50-80 kg de P2O5/ha. Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros.

El potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. La dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K2O/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno. A pesar de los bajos contenidos de materia orgánica de los suelos arroceros, no se han detectado respuestas a la aplicación de azufre (S). La aplicación de micronutrientes tales como cinc (Zn) y boro (B) se justificaría solo en casos de elevados estándares de manejo y rendimientos altos. Se debe tener especial cuidado con las dosis, puesto que el rango entre deficiencia y toxicidad, especialmente en el caso del B, es bastante estrecho. Los micronutrientes deben ser aplicados como fertilización basal (pre siembra) junto al fósforo y el potasio.

1.6 Malezas

Las malezas se encuentran entren las principales plagas que interfieren con el cultivo de arroz, y para su manejo el productor invierte aproximadamente el 28 % del costo total de producción. (4)

El cultivo de arroz tiene un periodo crítico de interferencia comprendido entre los 0 – 40 días de edad en el cual no deben presentarse malezas, ya que pueden provocar pérdidas del 45 al 75 % del rendimiento, tanto en condiciones de siembra bajo riego como en secano.

El complejo de malezas es muy diverso, encontrándose especies monocotiledoneas (poaceas y ciperáceas especialmente) y dicotiledóneas que son propias de sistemas bajo inundación, entre ellas *Cyperus iria* (Cortadera), *Sesbania exaltata* (Tamarindillo), *Leersia hexandra* (Cegua), *Ipomea tiliácea* (Betilla), *Euphorbia heterophylla* (Lechosa), *Rottboellia exaltata* (Caminadora), *Oryza sativa* (Arroz rojo), *Ludwigia* sp. (Clavo de agua) (4).

1.7. Plagas y Enfermedades.

1.7.1. Plagas.

Los daños que causan los insectos plaga en arroz son variables y dependen del estado de desarrollo de las plantas, sistemas y manejo de cultivo, condiciones climáticas, época de siembra, variedades y poblaciones de insectos.

1.7.1.1. Insectos plaga del suelo

Dentro de este grupo están los insectos llamados oroscos, cutzos, gallinas ciegas o chanchos gordos, los cuales pertenecen al género *Phyllophaga sp. .* Además están los grillotopos que pertenecen a la especie *Neocultilla hexadactyla* y las langostas o gusanos cogolleros de la especie *Spodoctera frugiperda*. (2)

1.7.1.2. Insectos plaga del tallo

Los principales insectos que atacan los tallos del arroz son: *Diatraea sp*. (Polilla o Barrenador), *Elasmopalpus lignoscellus* (Polilla menor), *Tibraca limbativentris* (Chinchorro de la pata). Estos insectos atacan los cultivos desde el estado de plántula hasta la cosecha; los dos primeros mencionados hacen galerías y túneles en los macollos y el tercero succiona la sabia del tallo. (2)

1.7.1.3. Insectos plaga del follaje

Mocis latipes (Falso medidor), *Spodoptera sp.* (Langosta) son insectos de tipo trozador que se alimentan de las hojas, *Tagosodes orizicolus* (Sogata) succiona la sabia de las hojas, produciendo un secamiento de las hojas, además, da lugar a la proliferación de fumagina y transmite el virus de la hoja blanca. (2)

1.7.1.4. Insectos plaga de la espiga

La principal plaga de importancia en la etapa reproductiva son las ninfas y adultos de *Oebalus ornatus* (Chinche de la espiga) quienes succionan los granos en estado lechoso deformándolos y manchándolos.

1.7.2. Enfermedades

El cultivo de arroz en el mundo es afectado por más de 70 enfermedades. En América Latina se estima aproximadamente que una docena son las que limitan la producción de arroz.

En Ecuador, las enfermedades que más prevalecen en el cultivo de arroz son *piricularia*, hoja blanca y manchado de grano. En años recientes se han presentado tres enfermedades que podrían

resultar potencialmente dañinas al cultivo: la pudrición de la vaina, el entorchamiento y tizón de la vaina. (4)

1.8. Cosecha

La cosecha es una de las etapas más importantes del proceso de producción y cuando es mal realizada, ocasiona pérdidas de grano, comprometiendo el esfuerzo y la inversión realizada en el cultivo. El contenido de humedad en los granos en esta labor constituye un factor determinante que permite la obtención de un mayor rendimiento de granos enteros.

La cosecha debe realizarse cuando el grano este maduro y que por lo menos el 95 % de los granos en espiga tengan un color pajizo y el resto este amarillento, lo cual coincide con 20 a 25 % de humedad en el grano.

La cosecha puede hacerse en forma mecánica, mediante el empleo de la combinada y en forma manual, cortando las plantas con hoces para proceder a la trilla mediante el empleo de trilladoras estacionarias o realizando la labor del “chicoteo”, la cual consiste en golpear manojos de plantas contra un madero situado en una lona.

1.9. Importancia económica del arroz

El cultivo de arroz emplea al 11% de la Población Económicamente Activa dedicada a actividades agrícolas, y representa el 9% del Producto Interno

Bruto Agropecuario. El consumo per cápita es de 38 kg/año. Ecuador exporta aproximadamente 120 mil toneladas a Colombia, lo que deja ingresos por $45 millones. (6)

En Ecuador, el principal componente de la canasta básica de la población es el arroz. La superficie sembrada en el 2005, fue de 324, 875 ha de arroz, con una producción promedio de 3.4 TM/ha, nivel de rendimiento menor al promedio regional del área andina. Existen 75, 814 UPA (Unidades de Producción Agropecuarias) sembradas con arroz las cuales el 65 % son de menos de 10 ha. (7)

1.10. Zonas productoras de arroz en el Ecuador

La producción de arroz en Ecuador ha mantenido en los últimos cinco años un crecimiento sostenido. Los terrenos destinados a la producción han aumentado al punto de que, en este momento, el país dedica la mayor superficie de la Comunidad Andina.

La intensa actividad exportadora gracias a la vigencia de la zona andina

De libre comercio y un déficit de producción en Colombia han favorecido esta tendencia.

La presencia de abundante agua en las zonas de mayor producción: Daule, Santa Lucía, Babahoyo y Balzar, donde se siembran 200 mil hectáreas, ha favorecido el incremento de las cosechas. Este extraordinario suministro de agua tiene como principal fuente de

abastecimiento la presa Daule Peripa, y permite que se realicen hasta 2,5 cultivos anuales.

En este sector, las obras construidas por la Comisión de estudios para el desarrollo de la Cuenca del río Guayas (Cedegé), aseguran una producción permanente de arroz. Estas obras, -canales de riego, derivadoras, presas y caminos vecinales-, fueron cedidas por Cedegé, mediante contrato, a una junta de usuarios de las zonas de producción. Estos organismos se encargan de suministrar el agua de acuerdo con los pedidos de los agricultores, así como de limpiar los canales para evitar la sedimentación.

1.11. Importancia de la urea en el cultivo de arroz.

El 91% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y provee nitrógeno a la planta. También se utiliza la urea de bajo contenido de biuret (menor al 0.03%) como fertilizante de uso foliar. Se disuelve en agua y se aplica a las hojas de las plantas. (5)

La urea como fertilizante presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno, el cuál es esencial en el metabolismo del arroz, ya que se relaciona directamente con la cantidad de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para la fotosíntesis. Además el nitrógeno está presente en las vitaminas y proteínas, y se relaciona con el contenido proteico de los cereales.

La urea se adapta a diferentes tipos de cultivos. Es necesario fertilizar, ya que con la cosecha se pierde una gran cantidad de nitrógeno. El grano se aplica al suelo, el cuál debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias. La aplicación puede hacerse en el momento de la siembra o antes. Luego el grano se hidroliza y se descompone. Debe tenerse mucho cuidado en la correcta aplicación de la urea al suelo. Si ésta es aplicada en la superficie, o si no se incorpora al suelo, ya sea por correcta aplicación, lluvia o riego, el amoníaco se vaporiza y las pérdidas son muy importantes. La carencia de nitrógeno en la planta se manifiesta en una disminución del área foliar y una caída de la actividad fotosintética gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en forma inorgánica. El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo. En un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible para el arroz. (5)

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano.

1.12. Cultivos de arroz en fosa

En zonas bajas del litoral ecuatoriano , se encuentran zonas inundables como Salitre (zona netamente arrocera)que después del invierno quedan sumergidas en el agua (Pozas de Agua) ,lo que hace que los agricultores siembren a medida que esta va bajando , por lo que la siembra , abonada y cosecha no son uniformes , sino de manera escalonada .

Mediante la aplicación profunda de briquetas de urea en este estilo de cultivo de arroz podemos determinar si las plantas de arroz van a tener una mejor disponibilidad del nitrógeno; disminuyendo las pérdidas, incrementando los rendimientos y con la posibilidad de bajar los costos de producción, en especial en los costos de fertilización.

1.13. Eficiencia de asimilación de nitrógeno por las plantas.

Nitrógeno (N) es el macroelemento primario que una vez aplicado al suelo está sujeto a mayor número de procesos de pérdidas: volatilización del nitrógeno amoniacal, nitrificación y posterior desnitrificación, inmovilización biológica, fijación por minerales arcillosos, lixiviación y escorrentía. Esto explica la baja eficiencia que resulta de su utilización por la mayoría de los cultivos.

Las investigaciones realizadas en distintas partes del mundo revelan resultados muy diferentes entre regiones y naciones, pero pueden estimarse promedios que señalan recuperaciones de nitrógeno entre 40 y 60% para los cultivos en general, y de 20 a 40% del N aplicado para el arroz (5). Lo anterior plantea consecuencias económicas, socioeconómicas y ecológicas, por lo que Legg & Meisinger (5) consideran que si se utiliza eficientemente el N se contribuye a la vez con una alta producción de los cultivos, mínima contaminación y conservación de la energía.

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea distribuida dos veces (75% como abonado de fondo, 25% a la iniciación de la panícula).

En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm. de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada. El abonado de cobertera se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico. Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos. (5)

Las transformaciones de Nitrógeno son diferentes cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo (aplicación basal de N) o cuando se aplica al voleo sobre el agua de inundación.

Si se aplican fertilizantes portadores de NH_4+ en la capa reducida del suelo (fango), antes o después de la inundación, el NH_4+ se absorbe en los coloides, lo inmovilizan temporalmente los microorganismos o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenológicos, las pérdidas por percolación son generalmente pequeñas a excepción de suelos con textura gruesa (arena).

La urea cuando es aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a perdidas por la volatilización amoniacal NH_3 debido a la profundidad de la lámina de agua, pH, temperatura, y la concentración de NH_{4+}, además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta.

1.14. Tecnología de Aplicación de Briquetas de Urea (APBU) en el cultivo de arroz.

La Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) es una tecnología desarrollada para incrementar la eficiencia y efectividad de la urea en la producción de arroz. APBU está ya ampliamente diseminada y ha sido probada exitosamente en varias partes de Asia (Bangladesh, Cambodia y Vietnam) como un insumo critico para la producción de arroz en pequeña escala (IFDC 2007, Savant 1990). La APBU consiste en la inserción profunda (a 7 o 10 cm) a mano de briquetas (o supergranulos) de Urea pocos días después del trasplante en arroz inundado. Las briquetas, que pueden pesar entre 0.9 y 2.7 gramos, son producidas a través de la compresión de urea granulada por medio de máquinas pequeñas con discos dentados. Estas briquetas, aplicadas una sola vez durante el ciclo productivo, se colocan en el centro de cuadrados alternados formados por cada cuatro plantas de arroz trasplantadas. La mejora en la eficiencia se logra principalmente manteniendo el N en el suelo cerca de las raíces de la planta y lejos del agua fluida donde es más susceptible a pérdidas por evaporación o lixiviación (Mohanty *et al*., 1999; Savant y Stangel, 1990).