CAPÍTULO 1

1. EL ARROZ

En el continente asiático tiene su origen y de ahí fue llevado hasta Europa, para después llegar al continente americano y establecerse como ingrediente principal en la alimentación a nivel mundial. Es el alimento básico de diecisiete países de Asia y del Pacífico, de ocho países de África, de siete países de América Latina y del Caribe y de uno del Cercano Oriente. Después del trigo es el segundo cultivo más sembrado a nivel mundial.

Ecuador sembró aproximadamente 371.000 Ha en el año 2009 (Figura 1.1), siendo considerado después del proceso de pilado como parte de la alimentación básica de las ecuatorianas y ecuatorianos, éste proporciona gran cantidad de calorías (aporta aproximadamente 350 calorías por cada 100 gramos en forma de carbohidratos complejos) en relación con otros de su especie.

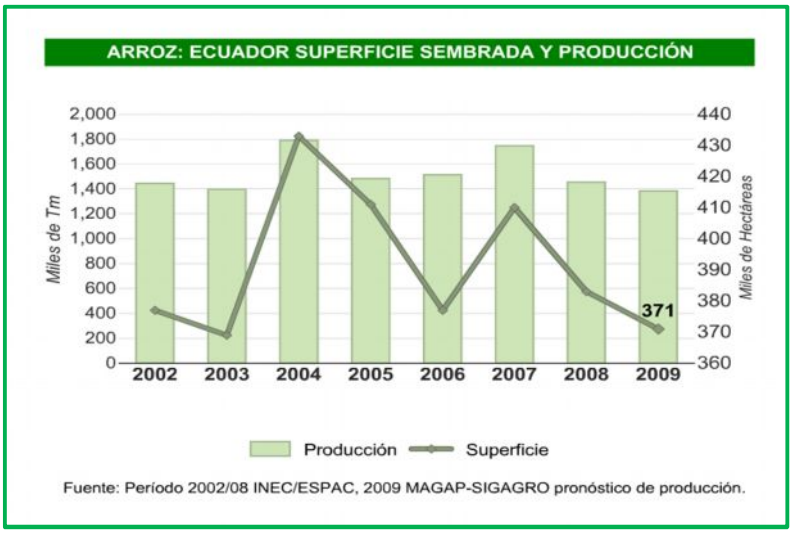

Figura 1.1. Superficie y producción de arroz en el ecuador. (3)

1.1. Taxonomía.

El arroz es una monocotiledónea, fanerógama, tipo espermatofita, subtipo angiosperma. A continuación se detallan otras descripciones (4):

Reino	Plantae
División	Anthophyta
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Oryza
Especie	Sativa
Nombre científico	Oryza sativa
Nombre Vulgar	Arroz

A. Morfología de la planta de arroz.

El arroz es una gramínea anual, de tipo acuático.

Los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: órganos vegetativos y órganos reproductivos. (4)

B. Órganos vegetativos.

- **Raíz.**

  La planta de arroz posee dos tipos de raíces: las seminales (temporales) que se originan en la radícula y las adventicias (permanentes) son de tipo fibroso y tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales.

  La punta de la raíz está protegida por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, llamada coleorriza, la cual facilita su penetración en suelos duros como los arcillosos.

- **Tallo.**

  El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm. de longitud. En el nudo o región nodal se forma 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.

- **Hoja**

  Las hojas de la planta de arroz 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 membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos.

C. Órganos reproductivos.

- **Espiguillas.**

  Las espiguillas de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, que están situadas sobre el nudo apical del tallo. La base de la panícula se denomina cuello. Una espiguilla consta de dos lemas estériles, glumas rudimentarias y la florecilla. La florecilla consta de dos brácteas o glumas florales (lema y pálea) con seis estambres y un pistilo. (4)

- **Semillas.**

  El grano de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente;

consta de la cáscara, formada por una parte llamada lema y la otra pálea; el embrión, situado en el lado ventral cerca de la lema, y el endospermo que provee alimento al embrión durante la germinación. El fruto es una cariópside. (4)

1.2. Crecimiento y Desarrollo del arroz.

Existen nueve 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 (ver Figura 1.2).

El Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en sus publicaciones subdivide a las fases mencionadas en etapas que a continuación se detallan (2):

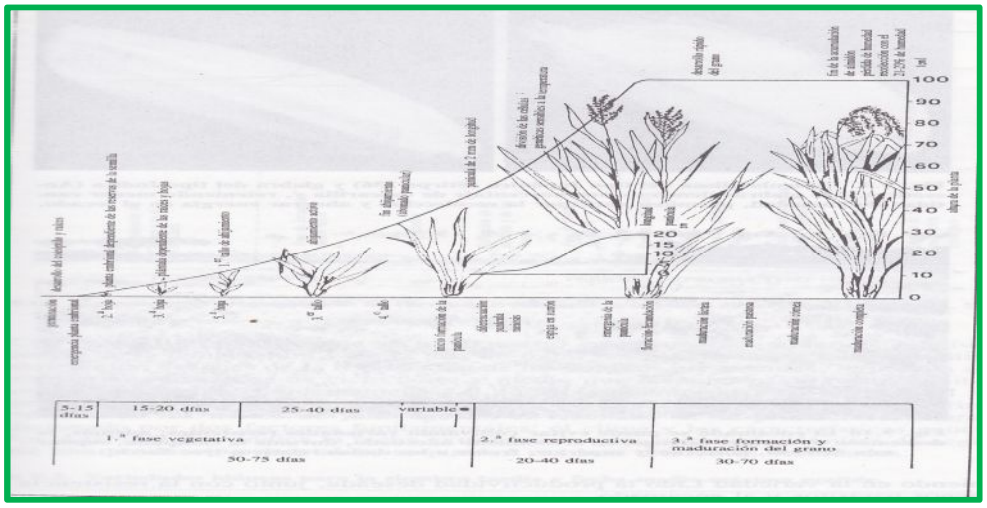

Figura. 1.2. Fases de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz (8).

1.2.1. Etapa 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 15 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.

1.2.2. Etapa 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.

1.2.3. Etapa 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.

1.3. Sistema de siembra de arroz de secano.

1.3.1. Labores culturales.

El cultivo de arroz de secano depende de las lluvias como fuente de agua para riego. Antes de que estas empiecen los arroceros comienzan sus actividades con la preparación de suelo y siembra mecanizada en algunos agricultores y con el inicio de esta época comenzará todas las demás labores culturales, que a continuación se detallan:

- **Preparación de suelo**

  En cuanto a la exigencia de suelos para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa. En cuanto al pH del suelo, es recomendable evitar la acidez excesiva y la alcalinidad, pues son perjudiciales para la planta y se verá afectada la producción. El pH óptimo es de 5.5 y 6.5.

  Para el sistema de arroz secano, la preparación del terreno consiste en pasar el arado o rastra pesada (Rome Plow), dando el segundo pase perpendicular a la primera a una profundidad de l0 a l5 centímetros dependiendo del tipo de suelo. Luego se afina el terreno con rastras livianas y la última pasada de rastra se hace un día antes de sembrarse.

- **Siembra.**

  La calidad de la semilla debe ser muy buena, con un poder de germinación superior al 80 %, de gran pureza genética y libre de semillas de malezas. Debiendo ser semilla Certificada.

  A continuación se describen los tipos de sistemas de siembra de arroz de secano:

Mecánico en hilera.

Consiste en utilizar una sembradora de granos que distribuye las semillas y en ocasiones fertilizantes granulados en forma de chorro continuo, formando líneas de siembra. La dosis de siembra varía entre los 90 y 115 kg. de semilla con este sistema de siembra.

Siembra al voleo.

Se distribuye la semilla con un equipo de voleo acoplado al tractor, o bien en forma manual (con morral). En grandes extensiones puede utilizarse avionetas para esta labor.

- **Recurso hídrico.**

El agua es aportada por las lluvias cuando se cultiva en secano. Las lluvias si bien son importantes son irregulares en cantidad y distribución. Por lo que se depende de un buen invierno, con la finalidad de cumplir con los requerimientos fisiológicos de la planta.

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 (mm) dependen mucho de la estación en la cual se produce el arroz (9):

Variedades tempranas	400-500 mm
Variedades de temporal	600-700 mm
Variedades tardías	800-900 mm

- **Control de malezas.**

Un rubro alto en la producción de arroz es el costo de control de malezas, ya sea de forma manual o con la aplicación de herbicidas. Siendo necesario hacerlo ya que estas compiten por luz, nutrientes, agua y espacio, además de ser hospederos de plagas y enfermedades, causar alelopatía (desprenden sustancias tóxicas), producir inconvenientes con la maquinaria de la cosecha y la contaminación del producto.

Por lo que es necesaria la aplicación de herbicidas pre-emergentes y posteriormente un mancheo con productos que existen actualmente en el mercado.

Las malezas que mayormente se presentan son: *Digitaria sanguinalis* (Pata de gallina), *Echinocloa crus-galli* (Pata de

gallo), *Lolium miltiflorum* (Vallico), *Poa annua* (Espiguilla), *Leptochloa virgata* (Paja mona), *Leptochloa filiformis* (Plumilla), (*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)

- **Control de plagas y enfermedades.**

Plagas

Las plagas que frecuentemente se presentan en el cultivo de arroz son:

- Polilla *(Diatrea sp.)*
- Enrollador *(Syngamia sp.)*
- Hidrelia *(Hydrellia sp*)
- Falsa langosta (*Spodoptera frugiperda)*
- Sogata (*Tagosodes oryzicolus)*
- Ácaros (*Schizotetranynchus oryzae)*
- Chinche (*Oebalus ornatus)*

Enfermedades

Las enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo de arroz son:

- Tizón de la vaina (Rh*izoctonia solani)*
- Pudrición de la vaina (*Saroclaudium oryzae*)
- Quemazón (*Pyricularia oryzae*)
- Falso carbón (*Ustilaginoidea virens)*
- Hoja blanca (VHB)

- **Fertilización mediante briquetas de Urea.**

La Urea (46% Nitrógeno puro) es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno (N). (4)

La tecnología APBU (Aplicación Profunda de Briquetas de UREA) consiste inicialmente en comprimir los pellets de UREA en una máquina briqueteadora, formando briquetas con la

finalidad de depositarlos en el suelo a una profundidad de 7 a 10 cm después de 15 a 20 ddg.

- **Cosecha.**

  La cosecha es el proceso final de producción, siendo muy importante del ciclo del cultivo, y cuando en ocasiones no es técnicamente bien realizada se pueden producir pérdidas de grano, reduciendo el rendimiento y en consecuencia el margen de utilidad se percibirá reducido.

  El contenido de humedad en los granos en esta labor constituye un factor determinante en la obtención de un mayor rendimiento de granos enteros a la postcosecha. Ésta se debe realizar cuando el grano este maduro, es decir cuando la parte superior de la panícula se muestren claros y firmes, y los granos de la base estén en etapa de endurecimiento, la panícula se muestra inclinada, lo cual coincide con un 18 a 22 % de humedad, en variedades de fácil desgrane hasta 25 % de humedad en el grano para su recolección.

  La recolección de granos se realiza de forma manual con hoz y trillando (manual o trilladora) y con máquinas combinadas

(cosechadoras mecánicas) que se encargan de cortar la planta, hacer la labor de trilla, limpiar los granos y de depositarlo en la tolva.

1.4. Importancia económica del arroz en Lomas de Sargentillo, provincia y el país.

Lomas de Sargentillo está asentada a 20 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 23° a 26°C y su precipitación promedio anual es de 700 mm. (6)

Dada su situación geográfica y con una buena infraestructura para riego, el cantón puede lograr un gran desarrollo en el área agrícola y pecuario. Es el cantón más pequeño de la provincia, pero con gran potencial económico. (6)

El cultivo de arroz tiene su superficie dentro del cantón, pero debido a la falta de recurso hídrico en la época de verano, hace que no sea explotado como agricultura intensiva. En el caso del pilado de arroz tiene sus industrias, siendo considerado como Cantón Industrial de esta gramínea, la materia prima (arroz paddy) es trasladado desde los cantones de las provincias del Guayas, los Ríos y El Oro para ser procesado y posteriormente distribuidos a todo el Ecuador en bolsas

de 100 lb. Esta actividad permite establecerse como un cantón joven en constante crecimiento económico.

La provincia del Guayas y Los Ríos son las que producen el 94 % de la gramínea a nivel nacional (4). Los productores de arroz hacen mover el motor de la economía de estas dos provincias desde el campo, luego pasa por los intermediarios para ser llevados a las Piladoras para su industrialización. Desde este sitio se distribuye a los compradores mayoristas para ser distribuidos a los minoristas y de ahí a los hogares de las familias ecuatorianas.

Con lo mencionado anteriormente nos damos cuenta, de la cadena que se genera para el proceso de este cultivo desde la siembra hasta su comercialización donde ocupa mucha mano de obra de numerosas familias ubicadas en los estratos socioeconómicos rurales medios y bajos y también genera ingresos a otros sectores que intervienen en el proceso: industriales, comerciantes mayoristas y minoristas y transportistas. Se estima que el 11% de la población económicamente activa del sector agrícola trabaja en este rubro. Los subproductos de la fase de campo e industrial (arrocillo y polvillo) se utilizan en actividades relacionadas a producción bovina, porcina y avícola. (7)

En el 2002, el arroz, se ubicó en el segundo lugar de los cultivos con mayor área sembrada (336429 Ha) y tercero de los de mayor aporte en producción (1246634 TM) para Ecuador, por tanto contribuyó con una importante 9.1 % en la formación del Producto Interno Bruto agrícola. (7)

1.5. Importancia de la fertilización en el cultivo.

El nitrógeno (N) es un elemento fundamental en el crecimiento de la planta, siendo parte de cada célula viviente. Las plantas requieren de grandes cantidades de N para su crecimiento normal.

Es un constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleídos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento del tamaño de las plantas y números de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano. En consecuencia el Nitrógeno afecta todos los parámetros que contribuyen el rendimiento. (7)

1.6 Eficiencia y asimilación de Nitrógeno en los cultivos de arroz.

Los cultivos remueven abundante N del suelo. La cantidad depende del tipo de cultivo y cantidad de cosecha. A pesar de que la remoción de nutrientes en la cosecha no se considera como pérdida, en realidad lo

es. El efecto neto de la remoción de N por los cultivos es que reduce los niveles de N en el suelo. Por otro lado, las pérdidas de N en forma gaseosa son tantas o más importantes y se describen a continuación. (5)

• **Reacciones del amonio -** Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados que contienen NH_4^+, como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, en la superficie de suelos alcalinos o calcáreos, se producen reacciones químicas que pueden causar pérdidas de N en forma de amoniaco (NH_3) gaseoso, en un proceso denominado **volatilización.** Reacciones similares pueden ocurrir en suelos recientemente encalados. Las pérdidas por volatilización pueden ser elevadas en condiciones de alta temperatura y humedad. Para evitar estas pérdidas se debe incorporar los fertilizantes que contienen NH_4^+, cuando éstos se utilizan en suelos alcalinos o calcáreos (5).

• **Urea -** El N aplicado en forma de urea a la superficie del suelo se convierte rápidamente en NH_3 o NH_4^+ cuando existe humedad y temperatura apropiada y la presencia de la enzima ureasa. El NH_3 formado puede pasar a la atmósfera mediante volatilización. Las pérdidas de N de la urea pueden evitarse con la incorporación del

fertilizante, con aplicación cuando las temperaturas son bajas y con el riego inmediato que permite que la urea se introduzca en el suelo (5).

• **Amoniaco anhidro -** El amoniaco anhidro (NH_3) es un gas cuando no está bajo presión. Debe ser aplicado bajo la superficie del suelo para prevenir pérdidas por volatilización. Las pérdidas pueden ocurrir cuando se aplica NH_3 a suelos extremadamente húmedos. Se debe aplicar NH_3 cuando la humedad del suelo está por debajo de la capacidad de campo. Los suelos deben estar húmedos pero no inundados, ni tampoco muy secos. Los suelos arenosos y de baja CIC necesitan de una aplicación más profunda de NH_3 que los suelos arcillosos. (5)

En consideración si se utiliza eficientemente el N se contribuye a la obtención de una alta producción de los cultivos, mínima contaminación, conservación de la energía y un impacto positivo en la economía de los productores.

1.7. Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) en el cultivo de arroz en el cantón Lomas de Sargentillo.

La tecnología de la Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) es sencilla, pero aplicable a pequeña y gran escala en la producción

del cultivo de arroz, desarrollada con la finalidad de incrementar la eficiencia y efectividad del Nitrógeno contenido en la Urea. Desarrollada en Asia y probada con éxito, siendo ya introducida en nuestro país donde ya se tienen buenos resultados. Consiste en la inserción profunda (a 7 o 10 cm) a mano de briquetas de Urea pocos días después del trasplante en arroz inundado o arroz de secano. 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. (7)

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 perdidas por evaporación o lixiviación. (7)

No hay registro en la que se haya aplicado la tecnología Aplicación Profunda de Briquetas de Urea (APBU) en el Cantón Lomas de sargentillo y sobre todo en secano, por lo que este ensayo servirá para dar inicio a la transferencia de tecnología a los productores arroceros de la zona y de arroz de secano.