

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE MANEJO POSCOSECHA Y DE LAS OPERACIONES DE LOS SISTEMAS DE SECADO DE MAÍZ PARA EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL CANTÓN VENTANAS, EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**LUCIANO EDUARDO RUIZ ARBOLEDA**  
[luedruar-15@hotmail.com](mailto:luedruar-15@hotmail.com)

**DIRECTOR: ING. OSWALDO ACUÑA**

[oswaldo.acuna@epn.edu.ec](mailto:oswaldo.acuna@epn.edu.ec)

**Quito, Febrero 2010**

© Escuela Politécnica Nacional (2010)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo Luciano Eduardo Ruíz Arboleda, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente

---

Luciano Eduardo Ruíz Arboleda

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luciano Eduardo Ruíz Arboleda bajo mi supervisión.

---

Ing. Oswaldo Acuña  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto SENACYT – EPN TT-08-00001, que se ejecuta en la federación de productores maiceros Tierra Fértil en Ventanas, Ecuador.

## DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y trabajo realizado durante mi carrera universitaria y los cuales plasmo en este proyecto, lo dedico a Dios, por ser la fuerza y la luz infinita que me acompaña siempre en todo lo que emprendo.

A mis padres, Eduardo y Rosario, por ser quienes me dieron sabios consejos, me enseñaron a no desmayar por difíciles que sean las circunstancias, con su ejemplo, cariño y apoyo me dieron el ñeque y empuje para conseguir mis sueños y anhelos en la vida. Y sobre todo gracias por su inmenso amor.....y gracias a la vida por tenerlos conmigo.

A mi esposa, Diana, por darme su afecto y apoyo incondicional, por mostrarme lo bello de amar, por ser la persona que amo con todas mis fuerzas, por cuidarme y por estar junto a mí en cada etapa de la vida que hemos recorrido juntos.....y sobre todo por regalarme el privilegio de formar una familia y hacerme viejito junto a ti, te amo.

A mi suegrita, Graciela, gran persona, gracias por sus consejos, paciencia y cariño, por permitirme entrar en su vida, por apoyarme y compartir conmigo muchas experiencias de vida.

A mis hermanos, Christian y Victoria, por su compañía, por todas las experiencias vividas juntos, por las alegrías y tristezas y aunque fue casualidad del destino gracias por ser mis hermanos.

A mi compañero de tesis, Santiago, por haberme acompañado en esta experiencia, por los aguantes y las ayudas en todo, para poder realizar este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande y profundo agradecimiento

A mi director de tesis, el Ing. Oswaldo Acuña por su amistad, paciencia y apoyo, gracias por sus consejos y enseñanzas.....y sobre todo mil gracias por su tiempo, confianza y ayuda dedicados para poder realizar este trabajo.

Gracias al Ing. Adrián Peña por confiar en mí y dejarme realizar mi tesis en el proyecto.

Muchas gracias al Ing. José Velásquez, por brindarme su tiempo para ayudarme con sus consejos y darme la mano con su experiencia.

Al Ing. Víctor Hidalgo por su gran colaboración y amistad.

Y a todos quienes de una u otra manera me ayudaron y me brindaron una mano para poder salir adelante con la realización de este proyecto.

## INDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	XII
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. GENERALIDADES DEL GRANO DE MAÍZ	1
1.1.1. FORMACIÓN Y DESARROLLO	1
1.1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.2. Maduración de la semilla	1
1.1.1.3. Estructura del grano de maíz	2
1.1.1.4. Composición química del grano de maíz	3
1.1.2. ORIGEN DE LA PLANTA DE MAÍZ	3
1.1.3. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y MORFOLOGÍA	4
1.1.4. CICLO VEGETATIVO	7
1.1.5. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS	10
1.1.5.1. Clima	10
1.1.5.2. Precipitación	11
1.1.5.3. Suelo	11
1.1.5.4. Necesidades Nutricionales	12
1.1.6. MANEJO DEL CULTIVO	12
1.1.6.1. Preparación del terreno	12
1.1.6.2. Siembra	13
1.1.6.3. Fertilización	13
1.1.6.4. Riego	14
1.1.6.5. Control de malezas	14
1.1.6.6. Control de plagas	15
1.1.6.7. Control de enfermedades	16
1.1.6.8. Cosecha	17
1.1.7. SITUACIÓN DEL MAÍZ EN EL ECUADOR	18
1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS POSCOSECHA DE GRANOS	18
1.2.1. CONDICIONES DE CLIMA DURANTE EL PERÍODO DE DESARROLLO Y MADUREZ	18
1.2.2. DAÑOS MECÁNICOS	19
1.2.3. MADUREZ FISIOLÓGICA	19
1.2.4. CONTENIDO DE IMPUREZAS	20
1.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD	20
1.2.6. TEMPERATURA	20
1.2.8. INSECTOS Y ROEDORES	21
1.2.7. MICROORGANISMOS	21
1.3. SECADO DE CEREALES	21
1.3.1. DEFINICIÓN DE SECADO	21
1.3.2. HUMEDAD DE LOS GRANOS	22
1.3.2.1. Medición de la humedad en los granos	23
1.3.2.1.1. Medición en base húmeda	23
1.3.2.1.2. Medición en base seca	24
1.3.3. PROPIEDADES PSICROMÉTRICAS DEL AIRE	24
1.3.3.1. Temperatura de bulbo seco	24
1.3.3.2. Temperatura de bulbo húmedo	24
1.3.3.3. Temperatura del punto de rocío	25
1.3.3.4. Humedad relativa del aire	25



1.3.4. PROCESO DE SECADO DE GRANOS	25
1.3.4.1. Transferencia de calor	25
1.3.4.2. Transferencia de masa	26
2. METODOLOGÍA	27
2.1. INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ	27
2.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ A NIVEL DE FINCA	28
2.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y SECADO	30
2.4. FORMULACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO DEL MANEJO POSCOSECHA EN FINCA Y DE LAS OPERACIONES DE SECADO DE MAÍZ	33
2.5. ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DE LA LIMPIEZA Y SECADO	34
2.6. ESTUDIO DE LOS FACTORES DE IMPACTO AMBIENTAL	37
2.6.1. CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL.	38
2.6.2. DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD DEL IMPACTO AMBIENTAL.	38
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1. INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ	41
3.1.1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.	41
3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA, NIVEL DE TECNIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD.	42
3.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ A NIVEL DE FINCA	42
3.2.1. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES ACTUALES EN LAS QUE SE ENCUENTRA LA POSCOSECHA DEL GRANO DE MAÍZ EN BASE A LA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	43
3.2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS POSCOSECHA	44
3.2.2.1. Cosecha, madurez fisiológica y presecado	44
3.2.2.2. Desgrane	46
3.2.2.2.1. Determinación del Porcentaje de Pérdida de Maíz en la Operación de Desgrane	46
3.2.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y SECADO	48
3.3.1. SECADORES TIPO RECTANGULARES	48
3.3.1.1. Determinación de humedad, temperatura y presión	49
3.3.1.2. Determinación del flujo de aire	53
3.3.1.3. Determinación del tiempo de residencia	54
3.3.1.4. Consumo de gas licuado de petróleo (GLP)	54
3.3.1.5. Determinación del porcentaje de impurezas	56
3.3.2. SECADORES TIPO CIRCULARES	57
3.3.2.1. Determinación de humedad, temperatura y presión	58
3.3.2.2. Determinación del flujo de aire	61
3.3.2.3. Determinación del tiempo de residencia	63
3.3.2.4. Consumo de gas licuado de petróleo (GLP)	63
3.3.2.5. Determinación del porcentaje de impurezas	64
3.4. FORMULACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO DEL MANEJO POSCOSECHA EN FINCA Y DE LAS OPERACIONES DE SECADO DE MAÍZ	65
3.4.1. ACCIONES CORRECTIVAS RELACIONADAS A LA EVALUACIÓN CON EL LISTADO DE VERIFICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	65
3.4.2. MANUALES DE MANEJO POSCOSECHA DEL GRANO DE MAÍZ	69
3.5. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE COSTO DE LA LIMPIEZA Y SECADO	70
3.6. ESTUDIO DE FACTORES DE IMPACTO AMBIENTAL	78
3.6.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	80
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
4.1. CONCLUSIONES	81

4.2. RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS

82

## RESUMEN

El presente proyecto se realizó en dos fases principales, la primera se orientó a determinar el diagnóstico de las condiciones actuales en las que se están llevando a cabo las operaciones poscosecha en la zona de influencia del proyecto, para lo que se elaboraron fichas de levantamiento de datos las cuales fueron aplicadas a manera de encuesta a una muestra calculada estadísticamente de agricultores y dueños de los centros de servicio de secado.

De los resultados arrojados de las encuestas, se observó el incumplimiento de las BPA (buenas prácticas agrícolas), en un 89,7% del total de requisitos. Que ninguno de los agricultores realizó un secado en finca, el 85% de ellos realizó cosecha manual y son pequeños agricultores que poseen entre 1 a 10 ha de cultivo de maíz. El porcentaje de pérdida en la operación de desgrane de las mazorcas fue de un 30% por hectárea. El secador tipo rectangular es el más difundido, pese a las ventajas que ofrece un secador circular. Los flujos de aire no estuvieron dentro de los rangos sugeridos por la FAO para secadores de lecho fijo ( $7,2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$  a  $15 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ ), los que fueron en promedio 33% menor al flujo mínimo requerido para este tipo de secadores. No se llegó a una humedad segura de almacenamiento (entre 13 a 14%). No se utiliza en forma adecuada el GLP (gas licuado de petróleo), ya que se consume gas en exceso y se producen pérdidas de calor, por mala combustión e inadecuadas instalaciones, por lo que se obtuvo rendimientos energéticos demasiado bajos, 19,4% en el caso del secador rectangular y 34,7% en el secador circular.

Establecida la situación actual de la zona de influencia del proyecto, se procedió a la segunda fase, en la que se propone las mejoras a aplicarse en el área agrícola, como en los centros de servicio de secado. Desarrollándose planes de mejoramiento en los que se disminuye el tiempo de secado en un 45% para el secador rectangular y en un 43% para el circular por medio de una mejor distribución del aire de secado y movimiento adecuado del lecho, de igual forma se reduce el consumo de GLP en un 46% para el secador rectangular y un 45% para el circular, ejecutando las etapas de un correcto secado las que consisten en: 1. suministrar aire a temperatura ambiente,

2. Suministrar aire caliente, 3. Suspender el flujo de aire caliente y realizar la remoción del grano, 4. Suministrar aire caliente, 5. Suspender el aire caliente y enviar flujo de aire ambiente para enfriar, dependiendo los tiempos de duración de cada etapa de la humedad y la cantidad de grano colocado.

El análisis ambiental arrojó un resultado negativo, por lo que fue necesario establecer medidas de mitigación de las actividades contaminantes. A través de la evaluación de costos se obtuvo una relación beneficio/costo de 1,77 considerando la situación con las mejoras establecidas.

Las mejoras en el proyecto no requieren de gran inversión, por lo que dichas modificaciones son de fácil aplicación y no requieren de tecnología sofisticada, ni mano de obra calificada, es decir, la transferencia de la tecnología es por medio de capacitaciones a los agricultores y propietarios de los centros de servicio de secado.

## INTRODUCCIÓN

Los cereales constituyen uno de los productos más importantes en la alimentación humana y animal.

En los últimos años estos han experimentado un aumento en sus precios debido a factores como sequías, inundaciones, erosión del suelo causados principalmente por el cambio climático (calentamiento global) y a la destinación de materia prima a base de cereales para la elaboración de combustibles.

Los principales productores de maíz a nivel mundial son Estados Unidos y China con un total de 483, 48 toneladas, las que corresponden al 61,1% de la producción total. En el país la mayor zona productora de maíz se localiza en la región costa con un 76% de la producción nacional, de este porcentaje la provincia de Los Ríos produce el 32%, Guayas 21%, Manabí 21% y el resto de la costa con un 2%.

La única forma de preservar el grano es por medio de un adecuado y pronto proceso de secado. Existen varios métodos de secado, pero en zonas rurales se utiliza principalmente el método de lecho fijo, por ser de bajo costo de instalación y de operación simple en comparación con otros secadores comerciales. En el Cantón Ventanas se utiliza este método, los cuales pueden ser tipo piscina rectangular y circular, se encuentra más difundido el secador rectangular, pese a las ventajas que tiene el circular sobre este. Pero este método de secado se viene practicando con tecnologías poco apropiadas, permaneciendo prácticamente sin evolucionar lo que propicia continuar utilizando estructuras inadecuadas, que facilitan el deterioro de los granos afectando su calidad. En tal virtud es de vital importancia establecer un proceso poscosecha adecuado ya que de la forma como sea manejado el grano en esta fase se obtendrá un secado óptimo, reduciendo costos y tiempo, aspectos que son importantes para los agricultores, obteniéndose al final un producto que mantenga su calidad alcanzada en campo.

Los sistemas de secado en el Cantón Ventanas utilizan GLP (gas licuado de petróleo), con el objetivo de orientar este recurso el estado viene proporcionando en forma exclusiva el gas para estas tareas, siendo a la vez necesario realizar adecuaciones útiles a estos sistemas para que disminuyan su uso inadecuado.

Por lo arriba descrito el proyecto Plan de mejoramiento del sistema de secado de maíz para el sector agrícola en el Cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, tiene el único interés de beneficiar a los productores de la zona mediante el mejoramiento de los sistemas utilizados.

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Etapas fenológicas del cultivo de maíz	10
Tabla 2. Comités de desarrollo comunitario con su número de socios pertenecientes a la federación "Tierra Fértil"	27
Tabla 3. Resultados globales del diagnóstico preliminar por ámbito de aplicación de la guía de BPA	43
Tabla 4. Resultados globales totales del diagnóstico preliminar en base a la guía de BPA	44
Tabla 5. Variación de temperatura en los puntos de registro en el secador rectangular	50
Tabla 6. Humedades, temperaturas y presiones promedios por cada hora de registro en el secador rectangular	51
Tabla 7. Flujos de aire y presión estática medidos en el secador rectangular	53
Tabla 8. Variación de temperatura en los puntos de registro en el secador circular	59
Tabla 9. Humedades, temperaturas y presiones promedios por cada hora de registro en el secador circular	60
Tabla 10. Flujos de aire y presión estática medidos en el secador circular	62
Tabla 11. Incumplimientos y acciones correctivas para cumplir con el reglamento de las BPA	66
Tabla 12. Resumen de gastos fijos en condiciones actuales de operación	71
Tabla 13. Resumen de gastos variables en condiciones actuales de operación	72
Tabla 14. Resumen de gastos fijos de equipos complementarios en condiciones actuales de operación	73
Tabla 15. Resumen de gastos variables de equipos complementarios en condiciones actuales de operación	73
Tabla 16. Resumen de gastos fijos en condiciones mejoradas de operación	75
Tabla 17. Resumen de gastos variables en condiciones actuales de operación	76
Tabla 18. Resumen de gastos fijos de equipos complementarios en condiciones mejoradas de operación	77
Tabla 19. Resumen de gastos variables de equipos complementarios en condiciones mejoradas de operación	78
Tabla 20. Valoración de factores ambientales en base a importancia y magnitud	79
Tabla 21. Medidas de atenuación de impactos ambientales	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Ubicación de las raíces en una planta de maíz	5
Figura 2. Tallo y disposición de las hojas en una planta de maíz	6
Figura 3. Diagnóstico preliminar con base en la guía de BPA	44
Figura 4. Tipo de cosecha de los cultivos de maíz y porcentaje de agricultores que las practican	45
Figura 5. Medidor de humedad	45
Figura 6. Tipo de desgrane realizado en finca	46
Figura 7. Esquema de los valores porcentuales de cada parte constitutiva de la mazorca de maíz	47
Figura 8. Secador tipo rectangular	49
Figura 9. Puntos de muestreo y diferencia de temperaturas en un secador tipo rectangular	49
Figura 10. Curva de secado en el secador rectangular	51
Figura 11. Curva de presión en el secador rectangular	52
Figura 12. Puntos de medición de la velocidad del aire en el ducto entrada al plenum del secador rectangular	53
Figura 13. Porcentaje de impurezas y en grano cosechado y grano seco	56
Figura 14. Limpieza realizada luego de la operación de secado	57
Figura 15. Secador tipo circular	58
Figura 16. Puntos de muestreo y diferencia de temperaturas en un secador tipo circular	58
Figura 17. Curva de secado en el secador circular	60
Figura 18. Curva de presión en el secador circular	61
Figura 19. Puntos de medición de la velocidad del aire en el ducto entrada al plenum del secador circular	62
Figura 20. Porcentaje de impurezas en grano cosechado y grano seco	64
Figura 21. Limpieza realizada luego de la operación de secado	65



# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. GENERALIDADES DEL GRANO DE MAÍZ**

### **1.1.1. FORMACIÓN Y DESARROLLO**

#### **1.1.1.1. Generalidades**

Los granos o semillas se forman cuando empieza la acumulación de sustancias, producto de las reacciones químicas de los procesos de fotosintéticos.

El tubo polínico libera, en el saco embrionario, dos gametos masculinos. Uno de dichos gametos, se une a la oosfera del saco embrionario, formando la ovocélula fecundada o embrión de la nueva planta. El otro gameto, se une al núcleo secundario, para dar origen al albumen (Prost, 1970).

Los dos huevos resultantes de la doble fecundación se desarrollan absorbiendo los tejidos contiguos. Paralelamente la savia elaborada, contribuye con los elementos necesarios para la formación de todos los tejidos que darán origen a la semilla (Prost, 1970).

#### **1.1.1.2. Maduración de la semilla**

Realizada la doble fecundación, la semilla contiene una cantidad de agua bastante alta, sus células presentan una multiplicación muy activa. El óvulo experimenta una serie de cambios que dan inicio a la formación de la semilla. Todas las transformaciones llevadas a cabo en el proceso de maduración del grano se expresan en su contenido de humedad, en su peso, su poder germinativo, en su grado de vigor y tamaño [Prost, 1970; Velásquez *et al.*, 2008].

Cuando ya se han constituido todos los tejidos del embrión, del albumen y de los tegumentos, se dan cambios, que llevan a la maduración de la semilla. Una

deshidratación, que reduce paulatinamente el contenido de agua, mientras se va desarrollando, cambiando la humedad de la semilla por materia seca [Prost, 1970; Velásquez *et al.*, 2008].

Otro cambio percibido es en su peso y tamaño, la materia seca alcanza su máximo valor en la etapa de madurez fisiológica, aumentando el peso del grano, ocurre algo parecido con el tamaño, en esta etapa también alcanza su máximo valor, pero luego empieza a disminuir debido a la reducción del contenido de humedad. Al igual que los factores anteriores, el máximo poder germinativo se alcanza en la madurez fisiológica (Velásquez *et al.*, 2008).

### **1.1.1.3. Estructura del grano de maíz**

En general, los granos presentan particularidades propias a la especie que pertenecen. Desde el punto de vista funcional la semilla está compuesta de tres partes principales o fundamentales, que son: una cubierta protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva (D'Antonino *et al.*, 1993).

**La cubierta protectora** es una estructura externa que encierra a la semilla y, en algunos casos, está formada por tegumento y pericarpio o en otros, solo por el tegumento, el tegumento es un tejido formado por una capa de células y el pericarpio tiene su origen en la pared del ovario de la flor. La cubierta protectora tiene las siguientes funciones (D'Antonino *et al.*, 1993):

- Mantener unidas las partes internas de la semilla
- Proteger a la semilla de golpes y microorganismos
- Regular la velocidad de deshidratación de la semilla, evitando posibles daños por las presiones desarrolladas durante la adsorción
- Controlar el intercambio gaseoso y la germinación

**El eje embrionario** tiene como función principal la reproducción. Lleva el nombre de eje porque inicia el crecimiento en dos direcciones, hacia el tallo y hacia la raíz. Es la parte vital de la semilla [Prost, 1970; D'Antonino *et al.*, 1993].

**El tejido de reserva** provee de energía y sustancias nutritivas (el albumen), para la germinación. Estas reservas se pueden ubicar en los cotiledones, endospermo o en el perispermo. [Prost, 1970; D'Antonino *et al.*, 1993].

#### **1.1.1.4. Composición química del grano de maíz**

La composición química de los granos depende de la sustancia predominante de cada grano, así cuando el principal carbohidrato presente en las gramíneas es el almidón, los granos son denominados amiláceos, si la sustancia predominante son los lípidos, se los denomina oleaginosos y proteicos si la sustancia principal son las proteínas (D'Antonino *et al.*, 1993).

En el caso del maíz, se lo considera un grano amiláceo, ya que en su composición muestra un alto porcentaje de carbohidratos, llegando en promedio a un 49,2% (Instituto Nacional de Nutrición, 1965).

En el anexo II se muestra la composición química de algunos granos del Ecuador, en el cual se observa algunas diferencias entre las sustancias predominantes en cada especie.

#### **1.1.2. ORIGEN DE LA PLANTA DE MAÍZ**

La planta de maíz no tiene un origen bien establecido, lo que algunos autores aseguran es que esta gramínea era el alimento básico de algunas culturas americanas mucho tiempo antes de que se produzca la conquista por parte de Europa.

El vestigio más antiguo encontrado sobre la existencia del maíz data de 7000 años de antigüedad, el cual fue encontrado por arqueólogos en el valle de Tehuacán, en México (Garduño, 1998).

Con esta evidencia se indica que la planta de maíz podría provenir de centro América, y que de aquí se distribuyó por todo el continente desde Canadá hasta la Argentina (Garduño, 1998).

Actualmente, esta planta se ha adaptado a muchas latitudes dando origen a varias razas, que se pueden sembrar desde el Ecuador hasta climas templados y desde el nivel del mar hasta cerca de los 3000 m.s.n.m. (Calero, 2005).

### **1.1.3. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA Y MORFOLOGÍA**

“La planta de maíz pertenece a la familia Gramínea, sub familia Panicoideae, tribu Andropogoneae, género Zea, existen cinco especies: Zea diploperennis, Zea perennis, Zea luxurians, Zea mays mexicana y Zea mays mays, de todas estas especies el Zea mays es la más importante” (Calero, 2005).

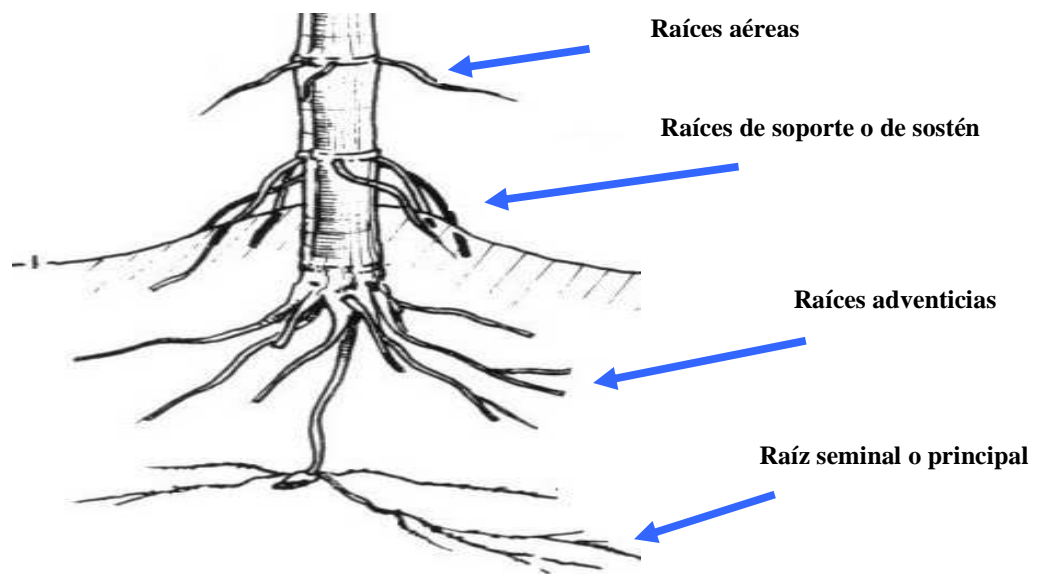
El maíz es de régimen anual, herbácea, de tamaño variable dependiendo del lugar donde es cultivada. En el trópico el maíz alcanza una altura de entre dos a tres metros (Calero 2005).

Por la ubicación de las flores a la planta se la clasifica como monoica, es decir en el mismo pie de planta existen flores masculinas y femeninas (Calero 2005).

La estructura del maíz es la siguiente:

**Sistema radicular:** Esta representado por una raíz seminal o principal, representada por una a cuatro raíces. Suministra sustancias nutritivas a las semillas en las primeras semanas; también se encuentran presentes raíces adventicias que pueden alcanzar hasta dos metros de profundidad; contiene además raíces de soporte que

se originan en los nudos. Favorecen a la estabilidad de la planta y realizan la fotosíntesis; por último se tiene las raíces aéreas, las cuales no alcanzan el suelo (Parsons, 1988).



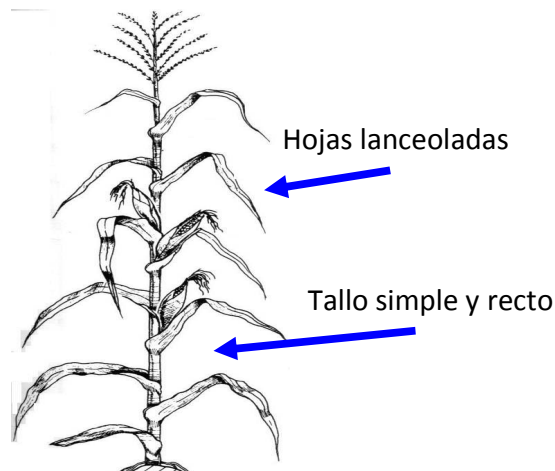
**Figura 1.** Ubicación de las raíces de una planta de maíz

(Cruz, 2006)

**Tallo:** Es leñoso, macizo, vertical, cilíndrico y dividido en segmentos denominados nudos y entrenudos [Calero, 2005; Parsons, 1988]. El número de nudos es variable puede ir desde 8 a 25, con un promedio de 16. En su estructura interior es carnoso, filamentosos y contiene un alto contenido de agua. El tallo alcanza su máximo desarrollo cuando la panoja a brotado completamente y empezado la producción de polen (Cruz, 2006).

**Hojas:** Son lanceoladas, alternas, paralelinervias, anchas, planas, y largas (Cruz, 2006), pudiendo alcanzar un metro y medio de longitud por 12 cm de ancho, rematando en un ápice muy fino en la punta (Calero, 2005). La vaina de la hoja

conforma una estructura que abraza al tallo alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos (Parsons, 1988). La cara superior de las hojas es pilosa para permitir la absorción de la energía del sol, mientras que la parte inferior contiene numerosos estomas para favorecer el proceso respiratorio (Cruz, 2006). El color de las hojas de la planta de maíz es verde, sin embargo se puede encontrar hojas con rayas blancas y verdes ó verdes con púrpura. Puede haber entre 8 a 25 hojas por planta (Parsons, 1988).



**Figura 2.** Tallo y disposición de las hojas en una planta de maíz

(Cruz, 2006)

**Inflorescencias:** Contiene flores masculinas ó estaminadas y femeninas ó pistiladas. Las flores masculinas se encuentran en la parte superior de la planta y están representadas por ramas laterales conocidas como espigas [Calero, 2005; Parsons, 1988]. Cada espiga contiene dos florecillas funcionales y a su vez cada una de estas posee tres anteras productoras de polen (Cruz, 2006). Generalmente, las flores masculinas brotan entre 7 a 10 días antes de que emerjan las flores femeninas (Calero, 2005). Las flores femeninas se ubican en la parte terminal de una rama lateral modificada, es decir una espiga, que nacen después de la mitad superior del tallo principal. La parte inferior está formada por nudos basales y flores. De los nudos basales brotan unas hojas transformadas o brácteas que protegen a toda la flor femenina, dejando un orificio en la parte superior. Hacia arriba se disponen las flores femeninas compuestas por un par de glumas externas, dos lemas y dos paleas, un

ovario y un tubo largo y estrecho, el estilo que sale del ovario y se proyecta al exterior a través de la abertura de las brácteas [Calero, 2005; Cruz, 2006].

**Semilla:** Se produce dentro del ovario y está compuesta por dos partes principales que son: el embrión y la endosperma, esta última recubierta por el pericarpio (Calero, 2005). El pericarpio protege a la semilla, es dura y por debajo se encuentra la aleurona, que es la responsable de la coloración del grano. La endosperma representa el 85 a 90% del peso total del grano, es la principal reserva energética, de la cual la semilla obtiene las sustancias nutritivas para hacer frente a las necesidades durante el periodo de desarrollo del sistema radicular y de las hojas [Calero, 2005; Cruz, 2006; Bartolini, 1990]. El embrión se puede definir como una planta en miniatura que tiene predeterminadas las partes principales de una planta adulta, conformada por la plúmula y radícula que constituyen el eje embrionario (Bartolini, 1990).

#### **1.1.4. CICLO VEGETATIVO**

Según Bartolini, se divide al ciclo vegetativo del maíz en 5 fases de desarrollo:

**La germinación y la nascencia de la plántula;** una vez colocada la semilla en el suelo de cultivo absorbe agua, se hincha y luego de dos o tres días emite las radículas, si las condiciones climatológicas se mantienen favorables. Además la temperatura para que se inicie la germinación debe estar entre 13 a 14°C. En los dos o tres días siguientes aparece también la plúmula, unos 10 días después de la siembra empieza a aparecer el coleóptilo. Aproximadamente entre los 15 a los 18 días después de la siembra la plántula tiene entre 5 a 6 hojas abiertas.

**Desarrollo vegetativo;** de las cinco hojas embrionarias de partida, la planta llegará a tener de 20 a 23, que son producidas por el “punto vegetativo” que se localiza en el interior del tallo. Por encima de las raíces primarias se desarrolla el sistema radicular principal, el cual, a partir de este momento, será el encargado de absorber las

sustancias nutritivas para la planta. Después del desarrollo del órgano reproductor masculino, salen las raíces adventicias, conocidas también como aéreas.

**Diferenciación de las flores;** cuando han transcurrido 30 días desde la siembra y alcanza una altura entre 45 a 50 cm, se inicia en el cono vegetativo, la diferenciación del órgano masculino. A los 7 ó 10 días de la diferenciación masculina empieza a formarse una espiga en miniatura. Una semana antes de la producción del polen, todos los entrenudos se alargan por completo y en los días previos a la polinización de la planta dedica toda su energía al desarrollo de granos de polen maduro y a preparar la estructura de la espiga.

**Floración y polinización;** el órgano masculino tiene que producir granos de polen en una cantidad tal que se asegure la fecundación del órgano femenino. Dos o tres días después del inicio de la dispersión del polen, de la espiga salen los estilos, que están en condiciones de recibir los granos de polen entre dos o tres días después de emitido. Una curiosidad con la fecundación del maíz es que la máxima actividad de fecundación tiene lugar entre las 9 de la mañana y el medio día.

**Desarrollo y maduración del fruto;** Unos 8 días después de la fecundación los granos comienzan a desarrollarse tomando el aspecto de vesículas acuosas, en los 15 días después aumentan de tamaño rápidamente. En este punto del ciclo la planta de maíz se dedica a transformar las sustancias contenidas en los granos y se inicia la fase de almacenamiento de almidón. Hacia la octava o novena semana de desarrollo, el embrión alcanza su estado definitivo y la cariósida su máximo peso seco. El ciclo de un híbrido de maíz, expresado en días, se inicia cuando nace la planta y termina con la formación en la base de la cariósida de un “punto negro”, que corresponde a una humedad de grano de aproximadamente del 30 a 35%.

El grano de maíz atraviesa por diferentes fases de maduración que Bartolini las clasifica de la siguiente manera:



*Madurez lechosa*, sucede cuando los granos alcanzan su forma y dimensiones definitivas, su coloración es de color claro y el contenido es lechoso.

*Madurez cerosa*, el grano tiene un color amarillo pálido, el contenido de materia seca es próximo al 25%, las hojas y el tallo están aún verdes.

*Madurez cerosa avanzada*, el grano adquiere una coloración más amarillenta y comienza a endurecerse. El contenido de materia seca es próximo al 30%.

*Madurez vítrea*, el contenido de materia seca es del 35%. Las hojas por debajo de la mazorca y el tallo están completamente secas.

*Madurez fisiológica*, los granos tienen una coloración amarillenta intensa y su humedad es inferior al 35%. Las hojas excepto en algunos híbridos, están completamente secas.

Cruz, clasifican el ciclo vegetativo en diez etapas fenológicas que se resumen en la tabla 1:

**Tabla 1.** Etapas fenológicas del cultivo de maíz

<b>Etapa</b>	<b>Evento</b>
<b>Etapas vegetativas</b>	
<b>Etapa cero</b>	Emergencia de la plántula: la plántula emerge a los 4 ó 5 días después de la siembra.
<b>Etapa uno</b>	Cuatro hojas totalmente emergidas: 2 semanas después de la emergencia de la plántula.
<b>Etapa dos</b>	8 hojas totalmente emergidas, 4 semanas después de la emergencia de la planta. Este es un período de rápida formación de hojas; una deficiencia de nutrimentos en este estado reduce seriamente el crecimiento de las hojas, se presenta una alta demanda y se inicia una máxima utilización del nitrógeno.
<b>Etapa tres</b>	12 hojas totalmente emergidas, 6 semanas después de la emergencia de la planta.
<b>Etapa cuatro</b>	16 hojas totalmente emergidas, 8 semanas después de la emergencia de la planta. Esta etapa, especialmente las tres últimas semanas, es el período más expuesto para el desarrollo de la planta de maíz. Los elevados requerimientos de elementos nutritivos, agua y productos del metabolismo, hacen que en este período cualquier

	deficiencia o defecto del funcionamiento sean particularmente serios. Además, en este momento el daño causado al polen o la estructura de la mazorca tiende a ser de carácter permanente y con pocas probabilidades de recuperación, incluso en condiciones favorables. Este es el período en que las deficiencias de nutrimentos (especialmente de nitrógeno) o de agua, el daño causado por los insectos y la superpoblación, causan los mayores trastornos.
<b>Etapa cinco</b>	Emergencia de los estigmas (barbas) 60 días después de la emergencia de la planta.
<b>Etapa reproductiva</b>	
<b>Etapa seis</b>	Grano en estado de ampolla, 12 días después de la aparición de los estigmas.
<b>Etapa siete</b>	Grano en estado pastoso, 24 días después de la aparición de los estigmas
<b>Etapa ocho</b>	Inicio de la dentación. Algunos granos se observan dentados, 36 días después de la aparición de los estigmas.
<b>Estado nueve</b>	Todos los granos están dentados. 48 días después de la aparición de los estigmas.
<b>Etapa diez</b>	Madurez fisiológica, 60 días después de la aparición de los estigmas.

Cruz, 2006

## 1.1.5. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

### 1.1.5.1. Clima

Se necesita una temperatura promedio de 24°C. La mayoría de las variedades del maíz se cultivan en regiones de temporal de clima caliente y clima subtropical húmedo. Con temperaturas superiores a 30°C la planta puede llegar a marchitarse y con temperaturas inferiores a 13°C la planta tiene un crecimiento lento [Calero, 2005; Parsons, 1988]. El maíz es de días cortos, su floración se vuelve lenta en los días largos del año. Los mayores rendimientos se obtiene con 11 o 14 horas de luz por día (Parsons, 1988). Para producir un gramo de grano el maíz exige entre 1,49 a 1,56 g de fotosintatos (glucosa) (Calero, 2005).

### 1.1.5.2. Precipitación

La planta necesita de entre 500 a 1000 mm de lluvia aproximadamente, los cuales deben estar distribuidos de una manera uniforme (Benacchio *et al.*, 1985).

La etapa con más requerimiento de agua, es la que comprende entre los 15 días antes de la floración hasta 30 días después. Un "stress" causado por deficiencia de

agua en este período, provoca una merma del 6 al 13% por día, en el rendimiento final. Esa pérdida se reduce al 3-4% por día, si el "stress" ocurre en otros períodos.

Cuando la hoja se seca, aproximadamente después de la floración, el cultivo no debería recibir más agua. El maíz necesita por cada kilogramo de materia seca 250 litros de agua durante todo su ciclo vegetativo, el excedente se pierde por evaporación e infiltración en el suelo [Benacchio *et al.*, 1985; Calero, 2005].

### **1.1.5.3 Suelo**

Este cultivo necesita suelos franco-limosos o franco-arcillosos, profundos y bien drenados. Esto permite un buen desarrollo radicular, con una mejor absorción de humedad y de nutrientes [Parsons, 1988; Benacchio *et al.*, 1985].

Son preferibles los suelos con abundante materia orgánica y estructura granular, ya que retienen el agua y permiten un buen drenaje. El pH óptimo se encuentra entre 5,5 y 7,5 [Parsons, 1988; Calero, 2005].

### **1.1.5.4. Necesidades nutricionales**

El maíz requiere, para su normal desarrollo de los siguientes nutrientes:

En mayores cantidades se encuentran el N, P, K, S, Ca y Mg y en menor cantidad están Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni y Se, todos estos la planta los consiguen del suelo, pero además necesita de C, O, H los cuales los capta de la atmósfera por medio de la fotosíntesis. La absorción de N, P y K los asimila de diferente forma. El N y P son absorbidos a partir de los 10 días después de la siembra hasta los 70 días, en cambio el K es asimilado hasta los 60 días de una forma más rápida (Calero, 2005).

### **1.1.6. MANEJO DEL CULTIVO**

El cultivo de maíz se puede sembrar en diferentes modelos, puede ser monocultivo; el cual se práctica en laderas aprovechando el período de lluvias, la práctica de este modelo lo realizan aquellos agricultores que no tienen la posibilidad de realizar otro cultivo y no disponen de agua para el riego. Otro modelo es el múltiple donde se trata de aprovechar el tiempo, estos se realizan en lugares donde se dispone de agua para el riego, los más comunes son maíz-soya, maíz-fréjol, maíz-hortalizas, maíz-maíz y arroz-maíz. Por último se realizan los cultivos asociados, en el cual en el mismo suelo se siembran dos o más especies simultáneamente o con alguna diferencia de días (Calero, 2005)

#### **1.1.6.1. Preparación del terreno**

Se recomienda un pase de arado, dos pases de rastra en forma cruzada y un pase de subsolador cada 3 años para romper el “pie de arado”. Los terrenos de ladera deben prepararse en sentido contrario al de la pendiente, tratando de perturbar lo menos posible el suelo (INIAP, 1999)

#### **1.1.6.2. Siembra**

Es primordial sembrar el maíz al inicio de la temporada lluviosa, debido a que la planta tiene un adecuado crecimiento, su desarrollo vegetativo lo realiza bajo apropiadas condiciones de humedad y temperatura, lo cual permite a los cultivos conservar todo el potencial de rendimiento (Cruz, 2006).

El método de siembra depende de las condiciones climáticas y del suelo. Cuando se tiene suelos húmedos, se siembra en camellones, por el contrario, cuando se tiene condiciones de humedad desfavorables se siembra en campo plano. La siembra se la realiza a mano o con máquina sembradora, a mano es necesario contar con un palo o coa para perforar el suelo y colocar las semillas, para la siembra mecánica, se usan por lo general sembradoras en fajas o bandas, se pueden equipar con un dispensador de fertilizante para sembrar y fertilizar al mismo tiempo (Parsons, 1988).

La profundidad de siembra generalmente se realiza a los 5cm, sin embargo se debe considerar la textura, capacidad de retención de humedad de cada suelo, ya que puede afectar la salida de la plántula (Cruz, 2006).

Aproximadamente, se requiere de 18 a 24 kg de semilla por ha a sembrar (Calero, 2005).

### **1.1.6.3. Fertilización**

Es importante conocer los nutrientes con los que cuenta el suelo, para ello se debe realizar un análisis de suelo y en base a los resultados obtenidos planificar la clase y cantidad de fertilizantes a incorporar al suelo, previo a la siembra y durante el desarrollo del cultivo (Calero, 2005).

El nitrógeno se puede incorporar como urea y sulfato de amonio. En general, se utiliza de 5 a 7 sacos de urea/ha, la dosis más alta se utiliza cuando el terreno a sido explotado por largo tiempo. En suelos donde hay poca materia orgánica o donde se sospecha que existe deficiencia de azufre, se debe colocar 3 sacos de sulfato de amonio por hectárea (INIAP, 1999).

Dependiendo del temporal, la aplicación de los nutrientes se debe hacer en forma fraccionada para épocas de lluvia y para una buena absorción, el 50% en la siembra y el resto después de haber cumplido entre 35 a 45 días de haber sembrado; si el caso es en temporada seca y no se tiene posibilidad de riegos complementarios se debe colocar todo el fertilizante en la etapa de siembra (Calero, 2005).

Si el suelo presenta contenidos bajos de fósforo, se recomienda la aplicación de 2 a 3 sacos de superfosfato triple o fosfato diamónico / ha, en el caso del potasio se debe colocar de 2 a 3 sacos de muriato de potasio por hectárea, los dos fertilizantes se deben colocar antes de la siembra para aprovecharlos de mejor manera (INIAP, 1999).

#### **1.1.6.4. Riego**

Cuando el cultivo se realiza en zonas donde las precipitaciones son escasas o en siembras de época seca, es necesario complementar con riegos adicionales. El agua a aplicar esta en función de la zona donde se siembra y es importante proporcionárselo en los momentos críticos del desarrollo de la planta, como son: germinación, desarrollo inicial de la planta, antes y después de la floración, en la fecundación y la formación de los granos. El riego se lo puede hacer por aspersión y por surco [Parsons, 1988; Calero, 2005].

#### **1.1.6.5. Control de malezas**

Las malezas compiten con el cultivo por agua, luz, nutrimento y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Algunas de las especies de las plantas que se considera como “maleza”, como el corocillo y la paja Jhonson, segregan sustancias alelopáticas que afectan el normal desarrollo de las plantas de maíz; otras pueden desarrollar una gran cantidad de raíces que obstaculizan el normal desarrollo del cultivo y algunas malezas envuelven las plantas de maíz con tallos volubles y, además les restan luz (Cruz, 2006).

Durante las primeras etapas de desarrollo, tres o cinco semanas después de la germinación, el daño puede ser grave. Para eliminarlas, se puede realizar un control químico o mecánico, el control mecánico se realiza con machete, la primera deshierba se realiza a los 15 días de la siembra y la segunda a los 25 días, antes de la fertilización con urea [INIAP, 1999; Parsons, 1988].

El control químico se realiza por medio de herbicidas, el cual se elige de acuerdo a las características de las malas hierbas, el clima, el suelo y el método de aplicación. Estos pueden ser aplicados antes de que salga el cultivo y la maleza (Preemergencia) o cuando ya han emergido (post-emergencia) [INIAP, 1999; Parsons, 1988].

#### **1.1.6.6. Control de plagas**

Algunas de las plagas que pueden dañar el cultivo de maíz son (Parsons, 1988):

**Pájaros:** Se comen los granos, se pueden controlar con cebos envenados.

**Roedores:** Atacan las plantas jóvenes, para eliminarlos se colocan cebos envenados, se deben eliminar también los lugares donde se encuentran los nidos.

**Ácaros:** Chupan la sabia de la planta, secando las hojas, su control se realiza por medio de acaricidas.

**Trips:** Se encuentran en el haz y envés de las hojas, su eliminación se hace con insecticidas.

**Pulgones:** Deforman las plantas, favorecen el crecimiento de hongos. Se controlan igualmente que los trips.

**Pulga negra:** La pulga mastica a la planta destruyéndola, se controlan aplicando insecticidas.

**Chapulines:** Provocan defoliaciones parciales o totales, su control se realiza por prácticas culturales o con cebos envenados.

**Frailecillos:** Destruyen el follaje y las espigas, se controlan con fumigaciones aéreas.

**Barrenador del maíz:** Se alimentan del follaje y penetran en el tallo. Se eliminan con insecticidas sistémicos.

**Picudos:** Perforan el tallo, se controlan con insecticidas en las primeras etapas de desarrollo de la planta.

**Gusano Cogollero:** Se alimenta del envés de la hoja, penetra en el cogollo y llega a la yema terminal, se controla aplicando insecticidas en etapas tempranas de la planta.

**Gusano elotero:** Las larvas penetran en el elote y lo comen, su control es mediante fumigaciones aéreas.

#### **1.1.6.7. Control de enfermedades**

Los agentes patógenos causantes de enfermedades en las plantas pueden atacar a las semillas tanto interna como externamente. Cuando hay plantas cuyas semillas puedan contener agentes patógenos, éstas deben ser eliminadas y, dependiendo del grado de contaminación, muchas veces todo el campo debe ser eliminado (Velásquez *et al.*, 2008).

Las enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos toman el nombre de enfermedades infecciosas. Otro tipo de enfermedades son causadas por condiciones ambientales adversas al cultivo, o por uso inadecuado de agroquímicos, y que afectan a la fisiología de la planta, se denominan fisiopatías [Parsons, 1988; Calero, 2005].

En el anexo I se describen los principales agentes patógenos que atacan a la planta de maíz, además se muestra las consecuencias causadas por los mismos.

Las enfermedades causadas por hongos se controlan con la rotación de cultivos, el uso de semillas certificadas y de variedades resistentes, además de que el suelo de cultivo cuente con un buen drenaje (Parsons, 1988).

#### **1.1.6.8. Cosecha**



Es muy importante efectuar las labores de cultivo y cosecha en el momento justo y en forma adecuada, ya que éstas influirán en la calidad y conservación del grano; muchas veces se la hace anticipadamente o demasiado tarde. La cosecha se la puede realizar de manera manual o en forma mecanizada (Rousseau, 1984).

*Cosecha Manual.*- Esta se realiza cuando se alcanza la madurez fisiológica, la misma se presenta aproximadamente después de 105 días dependiendo de la variedad de la planta. La madurez fisiológica se reconoce cuando en la inserción del grano a la tusa aparece un punto negro o café y la humedad se encuentra entre el 30 y 35%. A partir de este momento la mazorca empieza a perder humedad y dependiendo de las condiciones climáticas el secamiento natural puede ser de entre 3 a 4 semanas para que alcance una humedad aproximada de 20 a 24%. [Rousseau, 1984; Calero, 2005].

La cosecha manual se justifica en sembríos no mayores a 12 hectáreas en donde el número de jornales depende de la superficie a cosechar y el tiempo que se disponga para dicha actividad (Rousseau, 1984).

*Cosecha Mecanizada.*- Para evitar las pérdidas en cosecha de maíz, se debe tomar en cuenta la calibración del equipo. La cosecha mecanizada se justifica en superficies de siembra superiores a 12 hectáreas (Rousseau, 1984).

### **1.1.7. SITUACIÓN DEL MAÍZ EN EL ECUADOR**

En el país se siembra maíz con diversos propósitos, tanto para el consumo en fresco, para la industria de alimentos o como forraje para consumo animal, en el litoral se siembra maíz hasta los 1200 m. s. n. m., en cambio en la Sierra la siembra se realiza en valles y laderas con alturas de entre 1800 a 2900 m. s. n. m. (Calero, 2005).

El SICA, como resultado del tercer censo agropecuario, muestra que la producción de maíz está en manos de pequeños productores, con un promedio de 2,08 ha por

finca, dando un superficie total de 265 743 ha.

La provincia de los Ríos, constituye la zona con mayor superficie sembrada y por ende con la mayor producción del litoral ecuatoriano (MAGAP, 2008). En el anexo II se muestra la distribución de las superficies sembradas y sus rendimientos por cantones de la provincia de los Ríos.

## **1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS POSCOSECHA DE GRANOS**

### **1.2.1. CONDICIONES DE CLIMA DURANTE EL PERÍODO DE DESARROLLO Y MADUREZ.**

El grano de maíz cuando contiene un exceso de humedad por no haber completado el ciclo de madurez por condiciones climáticas desfavorables, requiere mayor agresividad en las operaciones poscosecha para su procesamiento. El caso opuesto se da cuando el grano presenta baja cantidad de agua en su estructura, lo cual aumenta su fragilidad frente al golpe mecánico de operaciones posteriores (Bragachini *et al.*, 2002).

### **1.2.2. DAÑOS MECÁNICOS**

El daño mecánico que sufre el grano de maíz se produce principalmente en las siguientes operaciones de poscosecha (D'Antonino *et al.*, 1993):

**Cosecha;** esta operación constituye una de las principales causas de daño mecánico de los granos, ocurre cuando se realiza la separación del grano con la tusa.

**Limpieza;** se produce al golpear los granos cuando estos son arrojados de diferentes

alturas.

**Almacenamiento;** en esta etapa se dañan los granos que están debajo de una pila de sacos o de una cantidad considerable de granos, debido al peso que están soportando.

**Transporte;** los granos son golpeados por la falta de cuidado al momento de colocar el grano en los medios de transporte en los cuales se los va a llevar.

### **1.2.3. MADUREZ FISIOLÓGICA**

Las semillas cosechadas antes o después del punto de madurez fisiológica tienen menor potencial de almacenamiento, es decir son más débiles al ataque de insectos y microorganismos (D'Antonino *et al.*, 1993).

La cosecha puede realizarse en un momento en que los granos, tengan un contenido de humedad superior o inferior a los valores adecuados. Cuanto más alto es el contenido de humedad de los granos en el momento de la cosecha, mayores son los riesgos de pérdidas debidas al ataque por hongos, insectos y a problemas en la germinación. De igual manera, cuanto más tiempo permanezcan los granos en el campo, mayores serán los riesgos de pérdidas por caída espontánea de los granos, o por ataques de aves, roedores y otros animales dañinos (De Lucía y Assennato, 1993).

### **1.2.4. CONTENIDO DE IMPUREZAS**

Los granos que contienen impurezas y materias extrañas constituyen focos de infestación durante el almacenamiento, son los principales agentes portadores de microorganismos y presentan condiciones que facilitan su deterioro. [D'Antonino *et al.*, 1993; De Lucía y Assennato, 1993].

El contenido de impurezas y materia extrañas también es importante desde el punto de vista comercial. Cuando el producto está sucio es clasificado como de menor calidad y sufre una considerable reducción de precio (D'Antonino *et al.*, 1993).

#### **1.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD**

La humedad es el factor que más influye en la calidad de los granos, ya que si es alta, favorece el desarrollo de insectos, hongos y bacterias (D'Antonino *et al.*, 1993).

#### **1.2.6. TEMPERATURA**

Se debe mantener los granos a bajas temperaturas, para su conservación. La temperatura y la humedad están estrechamente relacionadas ya que los granos se conservan mejor a bajas temperaturas, principalmente si están con una alta humedad (D'Antonino *et al.*, 1993).

#### **1.2.8. INSECTOS Y ROEDORES**

Son la puerta de entrada para los microorganismos. La contaminación con excremento produce pérdidas de calidad y reducción del precio de venta, además de graves enfermedades que se transmiten a los consumidores. Los insectos y roedores contaminan más de lo que consumen (Greiffenstein, 1998).

El ataque de insectos y roedores se puede evitar si se cosecha el grano tan pronto este maduro, sometiéndolo a un proceso de secado y fumigación oportuna, la mayoría de daños se producen en ambientes donde la temperatura varía entre 20 y 35° C (D'Antonino *et al.*, 1993).

#### **1.2.7. MICROORGANISMOS**

Los principales agentes de deterioro del grano de maíz son los hongos, los cuales pueden ser de campo y de almacenamiento. Los primeros contaminan a la planta antes y durante el desarrollo de la planta, necesitando un alto contenido de humedad. Los segundos se desarrollan después de la cosecha, cuando la humedad del grano se equilibra con la humedad con la del ambiente, entre 65 y 70% [D'Antonino *et al.*, 1993; Greiffenstein, 1998].

### **1.3. SECADO DE CEREALES**

#### **1.3.1. DEFINICIÓN DE SECADO**

Es un método universal de operaciones poscosecha que consiste en acondicionar los granos por medio de la deshidratación rápida hasta un nivel que permita el equilibrio con la humedad del ambiente, con el objetivo de preservar su calidad nutritiva, y la viabilidad de la semilla [D'Antonino *et al.*, 1993; De Lucia y Assennato, 1993].

Lo ideal sería dejar secar los granos en el campo hasta que alcancen contenidos de humedad adecuados para su almacenamiento y, en seguida, efectuar la cosecha. Ese procedimiento, en la práctica, no es tan fácil pues desde el instante en que alcanza la madurez fisiológica (máximo nivel de calidad), el grano está siendo almacenado en el campo, expuesto a condiciones adversas de temperatura, humedad, ataques de pájaros, insectos y microorganismos. De esta manera, cuando el grano alcance una humedad de 11 a 13%, podrá estar en un desarrollado estado de deterioración quedando invalidado para ser procesado (Velásquez *et al.*, 2008).

Por las razones expuestas anteriormente, resulta muy difícil realizar un secado natural solamente, por lo que debe complementarse con un secado artificial. El mismo que acarrea una serie de factores que deben analizarse con suma precaución para que no se convierta en un problema. Tales como (De Dios, 1996):

- El costo del secado es elevado, por la inversión que representa la secadora y los equipos auxiliares, y por los elevados valores de los consumos de combustible y energía eléctrica para su funcionamiento.
- La gran acumulación de granos húmedos que se reciben en los centros de secado, en los momentos de mayor cosecha, exige un manejo muy cuidadoso, y obliga a realizar secados rápidos o violentos, que causan deterioro de la calidad y aumentan las pérdidas.
- Las técnicas de secado requieren de personal competente, para reducir al mínimo aquellos inconvenientes. La experiencia demuestra que una de las fallas más importantes observadas en centros de secado, es la carencia de una adecuada capacitación de los operarios, en la mayoría de los casos.

### 1.3.2. HUMEDAD DE LOS GRANOS

Los granos, no pueden conservarse almacenados si no están secos. La pregunta es cuándo un grano se considera "seco". En forma general, para los cereales, una humedad del 15% se considera el límite para estimarlo como "seco". Pero este valor depende de diversos factores como el clima o la composición del grano (De Dios, 1996).

Los granos al igual que todos los productos orgánicos de origen vegetal son **higroscópicos**, es decir, absorben o ceden agua desde o hacia la atmósfera que los rodea. Este fenómeno de la **humedad de equilibrio** es de mucha importancia en el secado artificial de granos y es la relación entre la humedad del grano y la humedad del ambiente, esta no es constante para un determinado producto, incluso no es constante para una determinada variedad (Greiffenstein, 1998).

Por lo tanto, para cada grano existe un valor de humedad, que encuentra en equilibrio con una humedad relativa dada, lo cual quiere decir, que no hay transferencia de humedad del producto al aire o viceversa. Por ejemplo, cuando el

grano se encuentra demasiado húmedo, este no estará en equilibrio con el aire seco, y se realizará una transferencia de humedad del grano húmedo hacia el aire seco (Greiffenstein, 1998).

### **1.3.2.1. Medición de la humedad en los granos**

#### **1.3.2.1.1. Humedad en base húmeda**

Es la relación entre la masa de agua y la masa total del producto (Aguirre, 2006).

$$Y = \frac{M_w}{M_s + M_w} \cdot 100 \quad [1.1]$$

donde:

$Y$  = Porcentaje de humedad en base húmeda [% b.h.]

$M_w$  = Masa de agua en el grano [Kg.]

$M_s$  = Masa de materia seca del grano [Kg.]

#### **1.3.2.1.2. Humedad en base seca**

Es la relación entre la masa de agua  $c$  y la materia seca del grano (Aguirre, 2006).

$$X = \frac{M_w}{M_s} \cdot 100 \quad [1.2]$$

donde:

$X$  = Porcentaje de humedad en base seca [% b.s.]

$M_w$  = Masa de agua del agua [Kg.]

$M_s$  = Masa de materia seca [Kg.]

### **1.3.3. PROPIEDADES PSICROMÉTRICAS DEL AIRE**

El conocimiento de estas propiedades es definitivo para comprender el por qué del secado de los granos y las relaciones que existen entre el aire de secado y los granos (Greiffenstein, 1998).

Existe una relación definida de equilibrio en el sistema aire-agua que está representado en la “Carta Psicrométrica” (Aguirre, 2006). Para poder entender la carta, se requiere del conocimiento y entendimiento de las siguientes definiciones:

#### **1.3.3.1. Temperatura de bulbo seco**

Temperatura que marca un termómetro común y con frecuencia se la denomina sólo temperatura del aire [D’Antonino *et al.*, 1993; Aguirre, 2006].

#### **1.3.3.2. Temperatura de bulbo húmedo**

Es la temperatura registrada por un termómetro en cuyo bulbo ha sido colocada una gasa o paño húmedo. Esta temperatura es menor en relación a la del bulbo seco, debido a la evaporación del agua, la cual produce un descenso de temperatura [Greiffenstein, 1998; Aguirre, 2006].

#### **1.3.3.3. Temperatura del punto de rocío**

Es la temperatura a la cual el aire húmedo no saturado, se satura, es decir, que indica que ese aire ya no puede contener más humedad en forma de vapor de agua. Equivale al 100% de humedad relativa [Greiffenstein, 1998; D’Antonino *et al.*, 1993].

#### **1.3.3.4. Humedad relativa del aire**



Se define como la relación entre el peso del vapor de agua contenido en 1 kg de aire y el peso del vapor de agua contenido en 1 kg de aire saturado, a una temperatura determinada (De Lucia y Assennato, 1993).

$$\phi = \frac{P_v}{P_s} \cdot 100 \quad [1.3]$$

Donde:

$\phi$  = Humedad relativa

$P_v$  = Presión parcial del vapor de agua

$P_s$  = Presión del vapor de agua en la mezcla saturada

#### **1.3.4. PROCESO DE SECADO DE GRANOS**

Se presentan dos fenómenos durante el secado de granos:

##### **1.3.4.1. Transferencia de calor**

Se produce el momento de evaporar los fluidos, es decir el instante en que el aire sede calor al grano, provocando un desequilibrio entre la humedad del grano y la del ambiente. El calor en todo proceso de secados se transmite por tres formas, conducción, radiación y convección (Greiffenstein, 1998).

##### **1.3.4.2. Transferencia de masa**

En la forma de humedad interna y vapor, del grano al aire. Para que haya secado, se necesita que la humedad relativa del aire este por debajo de la humedad de equilibrio del grano que se está secando (Greiffenstein, 1998).

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ**

La Federación Provincial de Organizaciones Comunitarias “Tierra Fértil”, se organiza como una agrupación gremial conformada por varios comités de desarrollo comunitario legalmente constituidos, los cuales tienen como actividad principal la

siembra de cultivos de ciclo corto como el maíz y el arroz, con un total de 686 socios. La federación cuenta con 2 secadores de tipo rectangular con capacidades de 300 y 500 sacos de 90 kg. En la tabla 2 se muestran los siete comités de desarrollo comunitario pertenecientes a la federación, con su respectivo número de socios.

**Tabla 2.** Comités de desarrollo comunitario con el número de socios pertenecientes a la federación “Tierra Fértil”

COMITÉS DE DESARROLLO COMUNITARIO	NÚMERO DE SOCIOS
Comité de Desarrollo Comunitario “El Descanso”	128
Comité de Desarrollo Comunitario “Santa Sofía”	43
Comité de Desarrollo Comunitario “San Gabriel”	46
Comité de Desarrollo Comunitario “San Francisco”	23
Comité de Desarrollo Comunitario “La Yolanda”	93
Comité de Desarrollo Comunitario “El Laurel”	42
Comité de Desarrollo Comunitario “Bella Carolina”	311

Federación “Tierra Fértil”

El objetivo principal de obtener información de la producción agrícola de maíz fue determinar la situación actual de los agricultores. Se realizó el levantamiento de la información agrícola por medio de una ficha elaborada con base en los aspectos que se consideraron más importantes en la producción de maíz. Esta ficha se aplicó a los agricultores a manera de encuesta, las personas que participaron en las encuestas fueron seleccionados por un muestreo estadístico. Los datos recolectados en las encuestas se utilizaron principalmente para establecer la superficie promedio sembrada, la que se determinó sumando todas las UPAS (Unidades de Producción Agrícola) y dividiéndolas para el número de socios de la muestra, y la productividad la que se calculó multiplicando el número de socios por el rendimiento y por el número de UPAS promedio en la zona.

Los aspectos tomados en cuenta en la ficha de levantamiento de datos agrícolas fueron:

**Datos generales.-** En esta sección de la ficha se buscó obtener información con respecto:

Nombre del propietario de la plantación, ubicación, teléfonos, comité al que pertenece, representante legal del comité, número de socios que componen el comité y fecha de realización de la encuesta.

**Grado de tecnificación.-** Aquí se obtuvo datos acerca de:

Número de jornales por ciclo y por hectárea, clase de semilla con la que se está trabajando, densidad de siembra, equipos y maquinarias que se utilizó, uso de agroquímicos.

**Rendimientos y ciclos de cosecha.-** Se recopiló información de:

Cantidad de sacos de maíz que se obtuvo por hectárea, fechas de inicio de la siembra y cosecha, costos de producción por hectárea.

## **2.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ A NIVEL DE FINCA**

Se evaluó el manejo poscosecha de maíz por medio del cumplimiento / incumplimiento de las buenas prácticas agrícolas las cuales incluyen una sección para la poscosecha, los cumplimientos se los expresó como conformidad (Si) cuando el requisito se cumple en un 100%. Cuando no se cumple o se cumple parcialmente se la expresó como no conformidad (No). Los requisitos que no tenían ninguna relación con la actividad se los expresó como no aplica (X). Se examinó el material vegetativo utilizado así como su manejo, la historia y manejo del suelo de cultivo, el lugar de producción, el proceso de siembra, las labores culturales, el manejo de la

fertilización, el uso y la calidad del agua, manejo de la protección de los cultivos, la cosecha, salud de los trabajadores, prácticas poscosecha y las instalaciones tanto de la finca como de los centros de acopio para el secado. Además se realizó una encuesta a los productores escogidos por un muestreo estadístico aleatorio, la misma que buscó recoger datos poscosecha realizados en finca, con esta información se pudo determinar si las operaciones que se están ejecutando son las más adecuadas.

La información recabada con esta ficha fue la siguiente:

**Cosecha.-** Se levantó información sobre:

Características fisiológicas tomadas en cuenta el momento de la recolección, jornales que se emplea para realizarla el tipo de cosecha (manual o mecánica) y el costo de las operaciones realizadas en esta labor.

**Presecado.-** La información obtenida en esta sección fue:

Tipo de presecado realizado, humedad del grano luego de aplicar el secado en finca y tiempo invertido en realizar esta operación.

**Desgrane.-** En cuanto a la operación de desgrane se indagó acerca de:

Rendimiento de la operación, si esta operación se realiza en equipos de cooperativa o alquiler y el costo de la operación. Además se estableció el porcentaje de pérdida por medio de un balance de masa, determinándose el valor porcentual promedio que representan la tusa, hojas y granos en una muestra de mazorcas de maíz las que se obtuvieron haciendo un mapeo en un cultivo que fue seleccionado de la zona de estudio, se tomó mazorcas en forma aleatoria de la periferia y de la sección central del cultivo, los porcentajes se obtuvieron pesando cada parte de las mazorcas (tusa, hojas y granos), para lo cual se utilizó una balanza digital marca CAMRY modelo EK3252 y luego se calculó el rendimiento en la operación de desgrane que tienen los agricultores y se comparó con el rendimiento que deberían tener de acuerdo a información oficial del III Censo Agrícola.

**Transporte.-** La información que se requirió en este aspecto fue:

Si el transporte se hace a granel o en sacos, personal utilizado en la operación y el costo por saco transportado.

### **2.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y SECADO**

La información recolectada fue levantada con base en una encuesta que se realizó a los centros que trabajan dando este servicio y que pertenecen a la asociación “Tierra Fértil”, también se trabajó en los centros particulares. Además de aplicar la ficha de levantamiento de datos a los centros que ofrecen el Servicio de limpieza y secado, se midió diferentes parámetros necesarios para el secado de granos, estas mediciones se realizaron de la siguiente manera:

**Temperaturas y humedades en el lecho de maíz.-** Se hizo mapeos de los secadores tipo rectangular y circular. Para los secadores rectangulares se estableció diez y siete puntos de registro de muestra a intervalos de una hora, en los cuales se tomo dos lecturas de humedad una en la capa superficial de granos y la segunda en la sección profunda. Posteriormente se trabajó con los promedios de las dos lecturas, se procedió a calcular el promedió de las humedades en los diez y siete puntos en cada hora de medición. Con las humedades promedios en cada hora de la masa de granos se obtuvo la curva de secado y se determinó la curva de presión calculando las presiones en cada punto. También se midió la temperatura en cada punto del mapeo, obteniéndose los promedios registrados en cada hora. Para los secadores circulares se establecieron cinco puntos de medición de temperatura y humedad a intervalos de una hora, se tomo dos lecturas, en la superficie y en la parte profunda del lecho, se determinaron los promedios de cada hora para graficar la curva de secado y de presión. El equipo de medición utilizado para registrar la humedad fue de capacidad dieléctrica y para tomar las mediciones de temperatura se utilizó un termómetro digital de marca OMEGA modelo HH506R con acoples para

termocuplas, de tipo K y E y dos termómetros de mercurio de hasta 110° C. Las presiones en cada punto de registro se calculó tomando en cuenta el peso de la masa de granos y el área del secador.

Las curvas experimentales de humedad obtenidas en ambos secadores fueron comparadas con la curva de secado obtenida experimentalmente en el laboratorio de pulpa y papel de la Escuela Politécnica Nacional, para la cual se utilizó 1,6 kg de maíz por muestra, se realizó 6 muestras en paralelo, fijándose un tiempo total de secado de tres horas y media, y se estableció el porcentaje de tiempo para cada etapa de secado en los secadores de lecho fijo

**Impurezas.-** Fueron determinadas en grano húmedo y en grano seco. Se pesaron muestras de 500 g, se las hizo pasar por dos tamices, el ASTM N° 6 que retiene las impurezas mayores y el tamiz ASTM N° 8 que retienen impurezas menores. Se pesaron las impurezas y se determinó el valor porcentual de las mismas.

**Flujo de aire.-** Fue establecido ubicando 5 puntos en el ducto de entrada del aire de secado a la cámara de aire del secador y luego utilizando los promedios de los flujos registrados se comparó con los flujos recomendados por FAO ( $7,2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$  a  $15 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ ) para este tipo de secadores y se determinó medidas de mejora para que el flujo entre en estos rangos. Las velocidades del aire fueron medidas utilizando un anemómetro de marca BACHARACH modelo 3035A y luego se multiplicó las velocidades por el área del ducto resultando el flujo de aire. La presión estática se midió aire utilizando el diagrama de Shedd.

Se tomaron dimensiones de la altura de lecho de maíz, de la cámara de aire y la cámara de secado, el largo y ancho del secador rectangular y diámetro del secador circular.

Con la ficha que fue aplicada se levantó la siguiente información:

**Datos generale.-** Se indagó sobre:

Ubicación del centro de servicio de secado, nombre del propietario y teléfonos.

**Recepción y muestreo.-** Se levantó datos sobre:

Métodos de muestreo, parámetros que se tomó en cuenta para realizar el muestreo, porcentaje de impurezas con las que llega el grano cosechado y si se realiza prelimpieza antes de proceder al secado del grano.

**Características del secador.-** La información que se obtuvo fue:

Tipo de secador, capacidad, tiempo que demora en hacer el secado.

**Condiciones del secado.-** Se buscó información acerca de:

Control de temperatura y humedad del secado, consumo energético, personal que realiza las operaciones en el secador, infraestructura y costo de la operación.

**Condiciones del almacenamiento.-** Los datos conseguidos fueron:

Realiza o no almacenamiento, controles durante el almacenamiento y costo de la operación.

**Costos.-** Se investigó sobre:

Costo de compra de grano húmedo, costo de venta de grano seco, y destino del grano vendido.

## **2.4. FORMULACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO DEL MANEJO POSCOSECHA EN FINCA Y DE LAS OPERACIONES DE SECADO DE MAÍZ**

El formular planes de mejoramiento implica reconocer donde se esta actuando de manera incorrecta y equivocada. El propósito de establecer mejoras en un proyecto es el de incentivar a sus actores a realizar las operaciones de una manera adecuada, procurando la utilización de la misma infraestructura ya obtenida, evitando la inversión innecesaria.



Una vez obtenida la información de cómo se está realizando las operaciones poscosecha en finca y en los centros de servicio de secado y limpieza se procedió a determinar cuáles son los errores en los que están incurriendo los agricultores y productores, para establecer los parámetros bajo los cuales deben operar y realizar la poscosecha del grano de maíz, se determinó que era necesario la elaboración de manuales de manejo poscosecha y de operaciones de secado. El desarrollo de los manuales están basados en el listado de cumplimiento de la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas y de los manuales expedidos por la FAO para la mejora de los sistemas de limpieza, secado y almacenamiento de granos de los pequeños y medianos agricultores.

En estos manuales se estableció las medidas necesarias a tener en cuenta para realizar una poscosecha adecuada del grano de maíz, sin embargo no se establecen datos exactos, sino que se determinan rangos dentro de los cuales deben permanecer aspectos como humedades, flujos de aire, temperaturas.

## **2.5. ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DE LA LIMPIEZA Y SECADO**

El costo total estimado en los que se incurrirá en aplicar un correcto manejo poscosecha del grano de maíz, se calculó tomando en cuenta los recursos humanos, materiales, económicos y de tiempo.

Para el cálculo de los costos se tomó en cuenta las condiciones actuales y las condiciones con los parámetros para mejorar los procesos poscosecha, en cada una de las situaciones se determinaron diferentes rubros que se clasificaron como gastos fijos y gastos variables, luego se utilizó la relación beneficio/costo para analizar si las mejoras en el diseño y procesos poscosecha son aceptables.

Las ecuaciones y relaciones utilizadas para el cálculo de los gastos que implica las operaciones de secado fueron tomadas según criterios de De Dios (1996). Los rubros analizados fueron los siguientes:

**Gastos fijos:** Aquellos que existen, independientemente de que se use o no la secadora. Estos son calculados anualmente. Dentro de los gastos fijos se consideró:

- Amortización
- Interés
- Seguros
- Mano de obra

**Amortización (A).**- Es aquel rubro en el cual el valor de la máquina o equipo se divide para la vida útil del mismo, con el objetivo de contar con un capital para adquirir un artefacto de similares características pero en condiciones de uso totalmente nuevas.

$$A = \frac{Vn - Vr}{Vu} \quad [3.6]$$

Donde:

$A$  = Amortización de la maquinaria o equipo [USD/año]

$Vn$  = Valor de la máquina nueva [USD]

$Vr$  = Valor residual (10%) de la máquina o equipo [USD]

$Vu$  = Vida útil de la máquina o equipos [años]

En la zona de influencia del proyecto la capacidad instalada por lo general no es la suficiente para procesar todo el grano que se obtiene, por lo que las secadoras tienen un gran volumen de actividad, por lo cual se asumió una vida útil de 10 años.

**Interés (I).**- El cálculo de este rubro se lo hace sobre la base de un promedio de la vida útil de la máquina. Por lo general se recomienda utilizar un interés del 10% anual.

$$I = 0,1 * \left( \frac{Vn - Vr}{2} \right) \quad [3.7]$$

Donde:

$I$  = Interés [USD/año]

**Seguros (S).**- Por lo general se toma una prima anual del 1% del valor de nuevo del equipo.

**Mano de obra permanente (MO<sub>P</sub>).**- Este rubro corresponde al sueldo mensual del encargado del centro de servicio de secado más los servicios sociales, los costos sociales se tomó un porcentaje del 70% y fueron calculados por hora con un ayudante permanente.

**Gastos variables:** Son directamente proporcionales a las horas de trabajo del secador, se consideró los siguientes:

- Combustible
- Electricidad
- Reparaciones y mantenimiento
- Mano de obra adicional
- Gastos de administración

**Combustible (C).**- Rubro variable que se obtuvo de la siguiente manera:

$$C = \left( \frac{Ca}{Ht} \right) * P \quad [3.8]$$

Donde:

$C$	= Combustible	[Kg/h]
$Ca$	= Consumo anual de combustible	[Kg/año]
$Ht$	= Horas trabajadas anualmente	[h/año]
$P$	= Precio del combustible	[USD/Kg]

**Electricidad (E).**- Como el desglose del consumo de la secadora del total del consumo de toda la planta de acopio no es sencillo, este puede ser calculado a partir de la potencia del motor.

**Reparaciones y mantenimiento (RM).**- Para el cálculo de este rubro se debe tener el registro horas de uso del equipo, si no se los hubiese llevado se calcula el costo por hora aplicando la siguiente ecuación:

$$RM = 0,00001 * \text{puntodehum edad} * Vn \quad [3.9]$$

**Mano de obra adicional (MO<sub>A</sub>).**- es el personal que se contrata en forma temporal solo para las tareas de secado, es decir carga, descarga, etc.

**Gastos de administración (GA).**- Su valor se considera a un 20% aproximadamente de la mano de obra permanente.

Se realizó un cálculo comparativo de los costos del secado, primero a las condiciones actuales en las que se encuentran operando y luego en las circunstancias mejoradas del sistema poscosecha.

Los datos utilizados para los cálculos fueron tomados de acuerdo a los promedios de las características de las secadoras analizadas.

La relación beneficio/costo está representada por la relación:

$$B / C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

Para su análisis esta relación toma valores mayores a uno, iguales a uno o menores a uno. Dependiendo del valor obtenido se maneja los siguientes criterios:

1. **B/C > 1** = determina que los ingresos son mayores que los egresos, lo que significa que la aplicación del proyecto es viable.
2. **B/C = 1** = significa que los ingresos y los egresos son iguales, por lo tanto el proyecto es indiferente.
3. **B/C < 1** = establece que los ingresos son menores a los egresos, entonces el proyecto no es viable.

## **2.6. ESTUDIO DE LOS FACTORES DE IMPACTO AMBIENTAL**

El objetivo de realizar un estudio de impacto ambiental es identificar las causas y tomar las acciones correctivas oportunas para que el proyecto sea ambientalmente adecuado. Para evaluar cuantitativamente los factores de impacto ambiental se utilizó el método matricial de Leopold (1969) el cual se basa en aspectos de importancia y magnitud.

Los impactos ambientales positivos y negativos que se definieron en base a la información obtenida, fueron los siguientes:

- Contaminación del entorno por la producción de desechos orgánicos y quema de los mismos.
- Alteración del suelo por uso de maquinaria.
- Alteración del entorno por la producción de desechos comunes (basura).
- Alteración del medio por maquinarias y equipo utilizado en preparación del suelo, cosecha y secado.
- Alteración del ambiente por la utilización de combustibles fósiles.
- Polución del aire por la construcción de nuevas instalaciones para almacenar el grano.
- Contaminación del suelo por la utilización de fertilizantes y agroquímicos.
- Incorporación al suelo de abonos orgánicos.

- Seguridad laboral para operarios.
- Limpieza de las instalaciones.
- Control de plagas.

### **2.6.1. CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL**

La importancia se define como el peso específico que el factor ambiental tiene en el ecosistema considerado, los valores van desde +1 a +10 y su valor es constante para todos los análisis

### **2.6.2. DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Según Galarraga (1992), se calificó la magnitud de los impactos que las acciones producen en los factores ambientales de acuerdo a los siguientes aspectos:

#### **Tipo de impacto**

El efecto de la acción sobre el factor se calificará como:

Benéfico (B) = Si mejora las condiciones del factor

Detrimente (D) = Si se produce un efecto negativo en el factor

#### **Área de influencia**

Se calificará en cuanto la influencia es:

Puntual (a) = 2,5

Local (b) = 7,5

Regional (c) = 10

#### **Intensidad del impacto**

Esto se refiere al peso que el impacto representa:

Baja (1) = 2,5

Media (2) = 7,5

Alta (3) = 10

### **Duración**

Esto se ha calificado en función del tiempo que dure el impacto:

Inmediato (i) = 2,5

Temporal (t) = 7,5

Permanente (p) = 10

### **Reversibilidad**

Los impactos se clasificarán en:

Reversible (R) = 5

Irreversible (I) = 10

Adicionalmente se evaluó los impactos ambientales por medio de una ficha de levantamiento de datos de impacto ambiental, en la cual se revisó aspectos como:

Manejo de residuos, del agua, de desechos de agroquímicos, manejo de basura, protección de los operadores. Estos aspectos fueron evaluados en las siguientes fases: Preparación del terreno, cosecha, desgranado, deshojado, transporte, recepción, almacenamiento, carga y descarga del grano, secado y comercialización.

Para realizar la evaluación de los impactos ambientales se utilizó el método matricial de interacción, acción-factor ambiental, de Leopold, en el que se califica los impactos ambientales producidos por la acción en términos de magnitud e importancia, para ello se realizaron matrices que reflejaron los impactos en la parte biótica, abiótica y socioeconómica.

Luego se analizó las principales causas que están produciendo los impactos negativos y se propuso medidas de mitigación para disminuir dichos impactos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. INFORMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ

Se determinó la muestra estadística por medio de la ecuación 3.1 y aplicando la ficha de levantamiento de datos agrícolas que se muestra en el anexo VIII, se obtuvo información referente a: superficie sembrada, número de UPAS, nivel de tecnificación, productividad.

##### 3.1.1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para la determinación de la muestra estadística de socios de la federación a ser entrevistados se utilizó la siguiente ecuación (Molinero, 2002):

$$n = \frac{z^2 pqN}{N\varepsilon^2 + z^2 pq} \quad [3.1]$$

Donde:

- $n$  = Tamaño de la muestra
- $z$  = Nivel de confianza
- $p$  = Variabilidad positiva
- $q$  = Variabilidad negativa
- $N$  = Tamaño de la población
- $\varepsilon$  = Precisión o error

Se consideró una confianza del 95%, un porcentaje de error del 5% y la máxima variabilidad por no existir antecedentes en la federación sobre la investigación, se tomó 50% positiva y 50% negativa y una población de 686 socios.

Para obtener el valor de confianza ( $z$ ) se utilizó las tablas estadísticas, con un nivel de confianza del 95%, resulta que  $z = 1,96$ . Obteniéndose 246 socios a ser entrevistados.



$$n = \frac{(1,96)^2 (0,5)(0,5)(686)}{(686)(0,05)^2 + (1,96)^2 (0,5)(0,5)} = 246$$

Se eligió aleatoriamente a los agricultores a ser encuestados, de la lista de socios con sus números de cédula correspondientes y UPAS como consta en el anexo IX.

### **3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA, NIVEL DE TECNIFICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD**

Cada uno de los socios de la Federación “Tierra Fértil” poseen entre 1 a 10ha de terreno para la siembra dando un total de 2 162 ha, cuyo promedio es de 8,8 UPAS/socio.

En lo referente a infraestructura de riego, no existe en la zona, dependen las lluvias, lo cual pone en serio riesgo su producción en los periodos de sequía.

La productividad agrícola oscila entre 40 a 60 quintales por hectárea de grano húmedo y sucio (Onofre y Díaz, 2004), con un promedio de 50 quintales, lo que resultó en 2.3 t/ha

### **3.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ A NIVEL DE FINCA**

La ficha de levantamiento de datos poscosecha se presenta en el anexo XI. Mediante el diagnóstico de cada una de las operaciones poscosecha, se pudo determinar los aspectos en los cuales se incumple el reglamento de buenas prácticas agrícolas y los aspectos en los cuales se está incurriendo en errores. El listado de verificación de las BPA(Buenas Prácticas Agrícolas) para la producción primaria de alimentos de origen vegetal se encuentra en el anexo XII.

### 3.2.1. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS CONDICIONES ACTUALES EN LAS QUE SE ENCUENTRA LA POSCOSECHA DEL GRANO DE MAÍZ CON BASE EN LA GUÍA DE BPA (BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS)

Los resultados arrojados de la evaluación en base a la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas se muestran en la tabla 3 y 4 y en la figura 3.

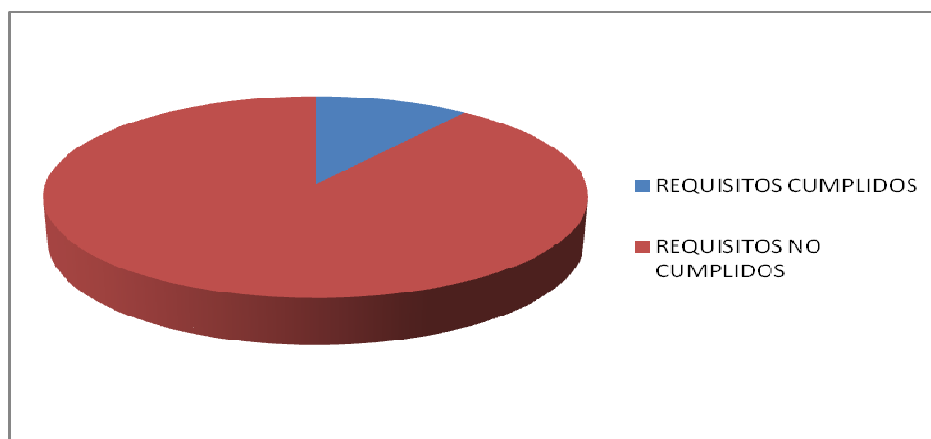
**Tabla 3.** Resultados globales del diagnóstico preliminar por ámbito de aplicación de la guía de BPA

SECCIONES O AMBITOS DE APLICACIÓN	REQUISITOS CUMPLIDOS		PORCENTAJE	
	SI	NO	CUMPLIMIENTO	NO CUMPLIMIENTO
Material Vegetal de Propagación	3	1	75%	25%
Historial y Manejo del Suelo	2	8	20%	80%
Lugar de Producción	0	3	0%	100%
Siembra	0	4	0%	100%
Labores Culturales	1	2	33,33%	66,66%
Fertilización	0	6	0%	100%
Uso y Calidad del Agua	3	11	21,43%	78,57%
Protección de los Cultivos	0	25	0%	100%
Cosecha	0	5	0%	100%
Salud de los Trabajadores	0	4	0%	100%
Prácticas Poscosecha	1	16	5,90%	94,10%
Sistema de Rastreabilidad	0	2	0%	100%
Total	10	87	10,31%	89,70%

**Tabla 4.** Resultados globales totales del diagnóstico preliminar en base a la guía de BPA.

CUMPLE	PORCENTAJE	NÚMERO DE REQUISITOS
Sí	10,31 %	10

No	89,70 %	87
Total	100 %	97

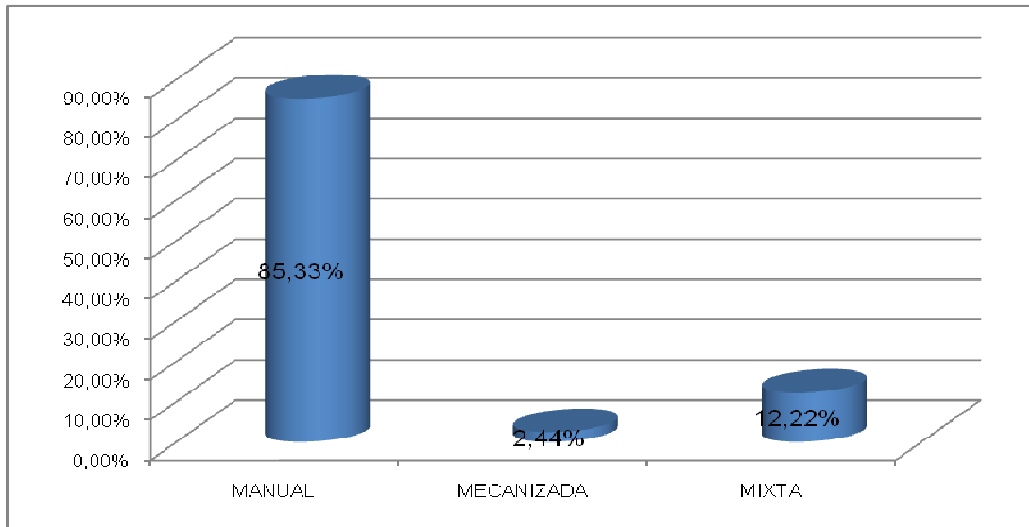


**Figura 3.** Diagnóstico preliminar con base en la guía de BPA

### **3.2.2. LEVANTAMIENTO DE DATOS POSCOSECHA**

#### **3.2.2.1. Cosecha, madurez fisiológica y presecado**

En lo concerniente al tipo de cosecha practicada los resultados que se obtuvieron se muestran en la figura 4, donde se pudo apreciar que la cosecha manual es la más realizada debido a que existe poca tecnificación en la zona, además los agricultores en su mayoría no poseen más de 10 ha de maíz y la cosecha mecanizada se justifica en explotaciones que van desde las 12 ha en adelante, por lo que utilizar maquinaria para la cosecha les representa una inversión muy alta en comparación con el rendimiento obtenido.



**Figura 4.** Tipo de cosecha de los cultivos de maíz y porcentaje de agricultores que las practican

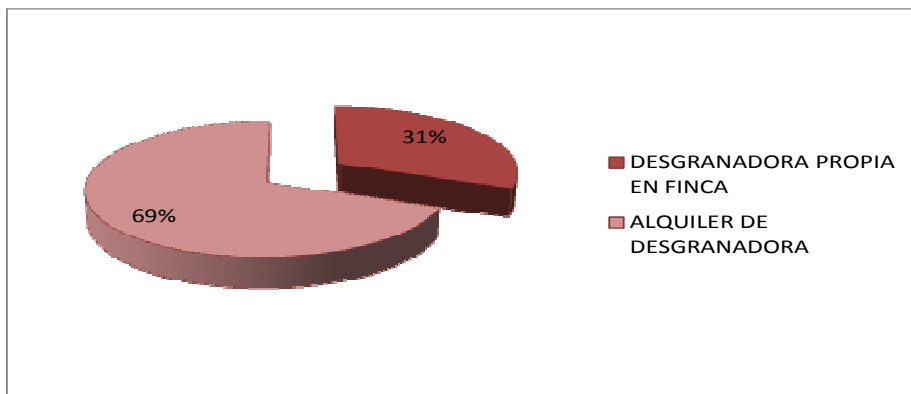
La madurez fisiológica del grano para proceder a su cosecha se determina, en el 100% de los casos fijándose en el color de la hoja y luego realizando una especie de medición de humedad, introduciendo la uña en un grano y sintiendo su textura. La medición de la humedad debe ser una práctica precisa y exacta, ya que de este factor depende la calidad del producto almacenado. Desde el punto de vista comercial, esta determinación tiene gran importancia porque el precio de venta va variando de acuerdo a la humedad del grano. Existen varios métodos para la determinación de la humedad en los granos, pero el más utilizado en la zona es el determinador de humedad de capacidad dieléctrica, el cual es muy efectivo ya que es exacto cuando los granos tienen una humedad muy alta o muy baja.



**Figura 5.** Medidor de humedad

### 3.2.2.2. Desgrane

En un 100% de los agricultores practicaron el deshojado y desgrane mecánico, variando sus rendimientos entre 40 a 80 quintales por hora, dependiendo del tipo de desgranadora. El tipo de desgrane puede ser realizado con maquinaria propia o se puede alquilar el equipo para proceder con esta operación, caso en el cual se pagó un costo entre 0,30 a 0,60 USD por saco desgranado, dependiendo este valor de donde esté ubicada el cultivo y a quién pertenezca la desgranadora (particular o federación). En la figura 6 se detalla los porcentajes del tipo de desgrane que se realiza.



**Figura 6.** Tipo de desgrane realizado en finca

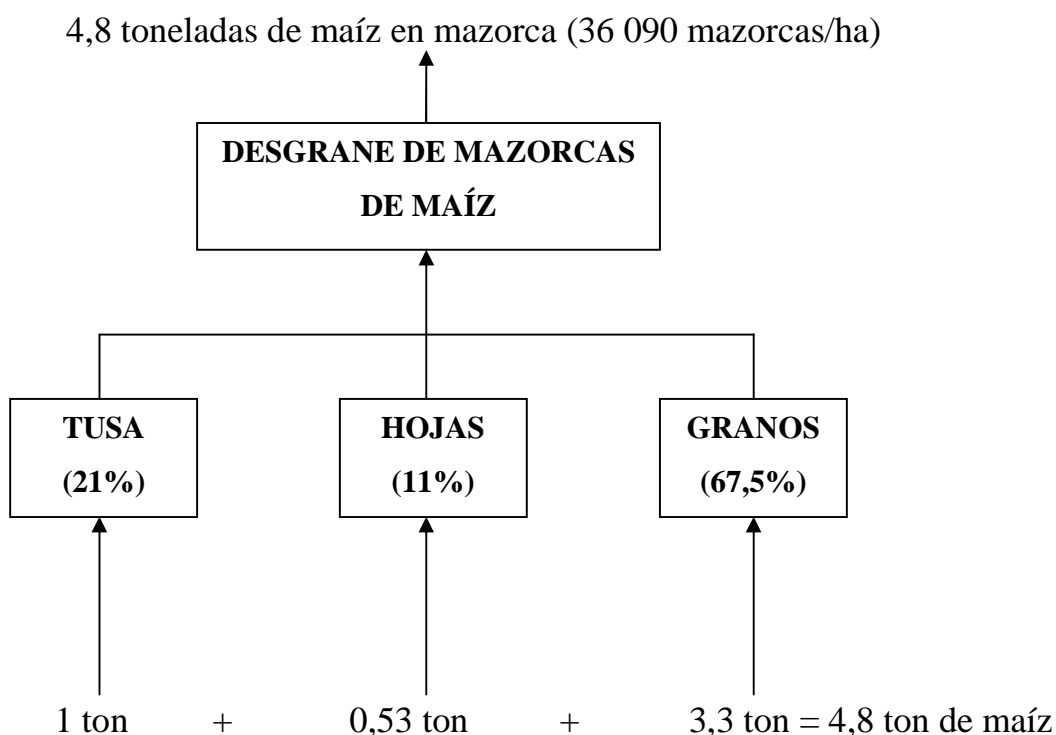
El costo de transporte de cada saco desgranado tiene un valor adicional dependiendo de la distancia a los centros de acopio, este valor varía entre 0,30 a 1,00 USD, como referencia se tiene que los 8 km cuesta 0,30 USD.

#### 3.2.2.2.1. Determinación del porcentaje de pérdida de maíz en la operación de desgrane

Los valores porcentuales de los pesos promedios de cada parte de la que se compone una mazorca de maíz fueron: Tusa: 20,70%; Hojas: 10,78%; Granos: 67,24%.

En el Cantón Ventanas el rendimiento promedio por hectárea es de 3,3 toneladas de maíz húmedo y sucio (Medina, 2003), si cada mazorca pesó en promedio 0,133 kg (anexo XIII), se obtuvo que se produjo 36 090 mazorcas por hectárea sembrada.

Luego se multiplicó el valor que se obtuvo anteriormente por los valores porcentuales de cada parte de la mazorca, esto se detalla a continuación:



**Figura 7.** Esquema de los valores porcentuales de cada parte constitutiva de la mazorca de maíz

Así se tuvo que: de la producción total de 4,8 toneladas de maíz en mazorca por hectárea, 1 tonelada correspondió al peso de las tusas; 0,53 toneladas correspondió al peso de las hojas y 3,3 toneladas equivalió al peso de los granos. Los agricultores de la zona de Ventanas tuvieron un rendimiento promedio de 50 quintales por ha, lo cual resultó en un total de 2,3 t/ha.

Es decir, los agricultores en promedio obtuvieron 2,3 toneladas de maíz desgranado por hectárea y de acuerdo al cálculo realizado deberían tener un total de 3,3 toneladas de maíz desgranado por hectárea, lo cual representó una pérdida de 1 tonelada de maíz desgranado por hectárea (anexo XIII), valor que fue equivalente a un porcentaje de pérdida de un 30,3% de la producción total por hectárea de maíz desgranado.

### **3.3. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y SECADO**

La ficha que se utilizó para levantar los datos de los centros de servicio de limpieza y secado se detalla en el anexo XIV.

#### **3.3.1. SECADORES TIPO RECTANGULARES**

Los secadores rectangulares constan de un piso falso de chapas perforadas con agujeros de 0,003 m de diámetro en las que se coloca el grano, con una capacidad de 45,2 toneladas, un ventilador y un quemador que constituyen el sistema de ventilación y calentamiento de aire, están constituidos de cemento, y tienen las siguientes medidas:

Largo: 11,8 m

Ancho: 3,65 m

Altura del Plenum (cámara de aire): 0,5 m

Altura de la cámara de secado: 1,4 m

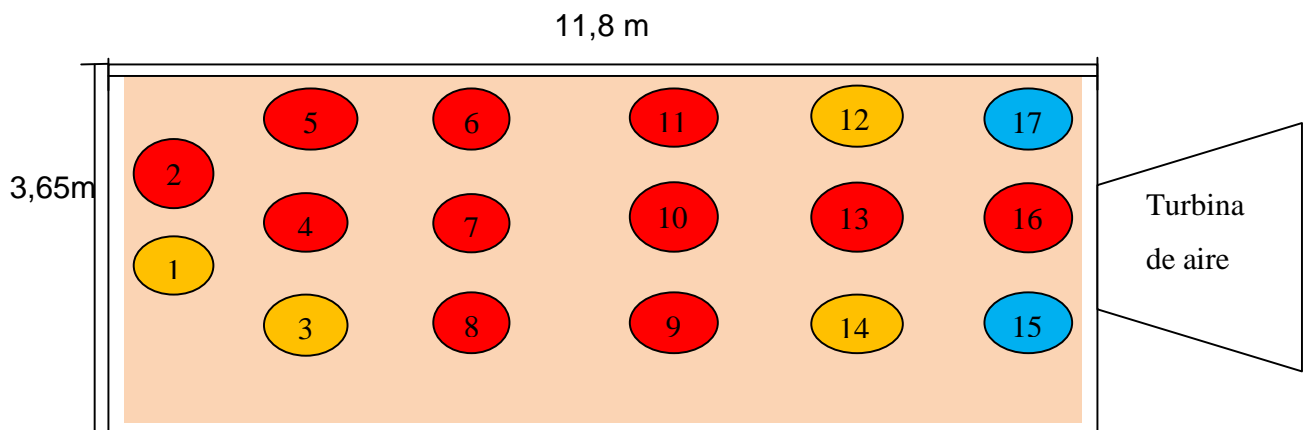
Altura total: 1,9 m



**Figura 8.** Secador tipo rectangular

**3.3.1.1. Determinación de humedad, temperatura y presión**

El registro en el lecho de maíz se realizó en 2m<sup>2</sup> para cada punto de toma de temperatura y humedad, en la figura 9 se especifica los 17 puntos.



**Figura 9.** Puntos de muestreo y diferencia de temperaturas en un secador tipo rectangular

- Mayor temperatura
- Temperatura intermedia
- Menor temperatura

**Tabla 5.** Variación de temperatura en los puntos de registro en el secador rectangular

Puntos de Registro	Rango de Temperatura
2-4-5-6-7-8-9-10-11-13-16	47°C – 48°C



1-3-12-14	46°C – 46,7°C
15-17	42,1°C – 45,8°C

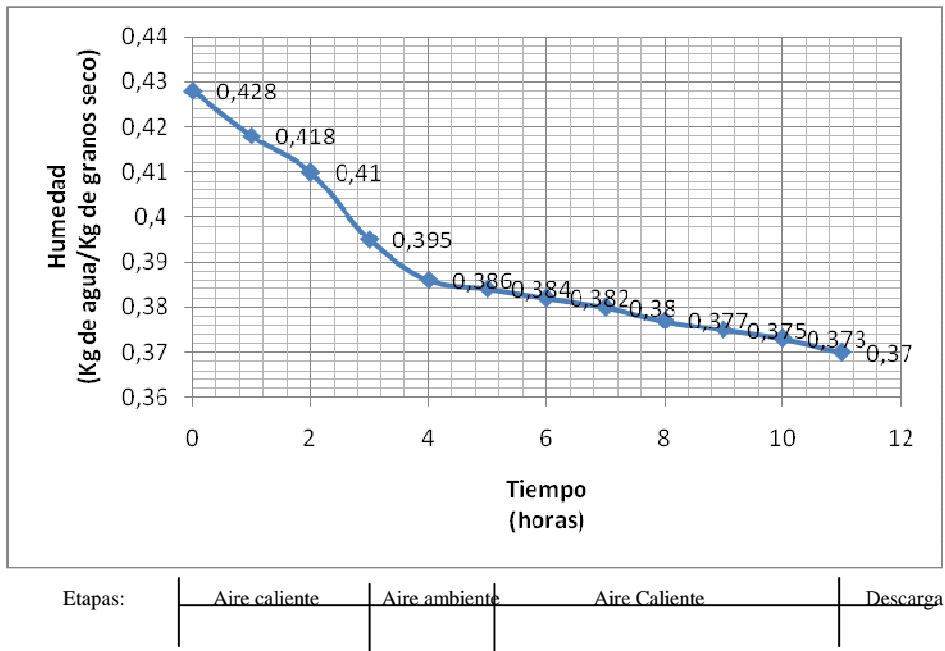
Estas diferencias de temperatura se produjeron debido a que no existe una distancia correcta entre la boca del quemador y el ventilador, un incorrecto direccionamiento del aire, inadecuado diseño del secador, por ser un secador rectangular el aire caliente no se distribuye adecuadamente en las esquinas, principalmente a los costados por donde ingresa el aire, la temperatura en estos puntos se registró baja, otra causa de la mala distribución del aire caliente en el plenum, fue la ligera inclinación del ventilador, lo que produjo que el aire salga y choque en la pared lateral y vaya hacia el lado derecho del secador donde se encontraron los puntos más calientes.

En la tabla 6, se detalla las humedades, temperaturas y presiones promedios que se midió en cada punto por cada hora de secado y seguidamente en la figura 10 se ilustra la curva de secado y en la figura 11 la curva de presión.

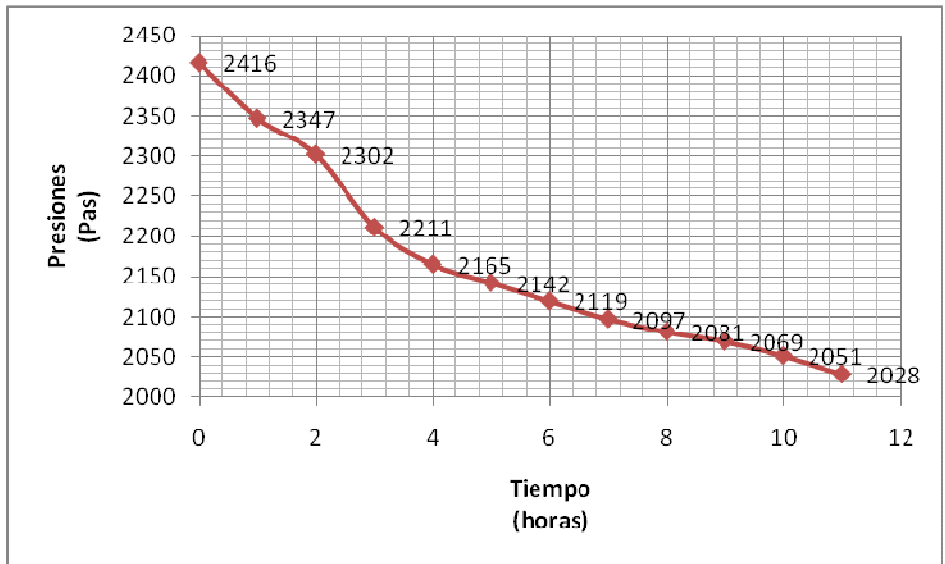
**Tabla 6.** Humedades, temperaturas y presiones promedios por cada hora de registro en el secador rectangular

<b>TIEMPO (Horas)</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>PRESIÓN (Pas)</b>
0	30	54	2 416
1	27,5	49,7	2 347
2	25,6	51,8	2 302
3	21,9	31,1	2 211
4	19,8	30	2 165
5	19,2	30,5	2 142
6	18,6	54,9	2 119
7	18,2	52,6	2 097
8	17,4	53,7	2 081
9	16,9	53,7	2 069

10	16,2	53,5	2 051
11	15,6	53,7	2 028



**Figura 10.** Curva de Secado en el Secador Rectangular

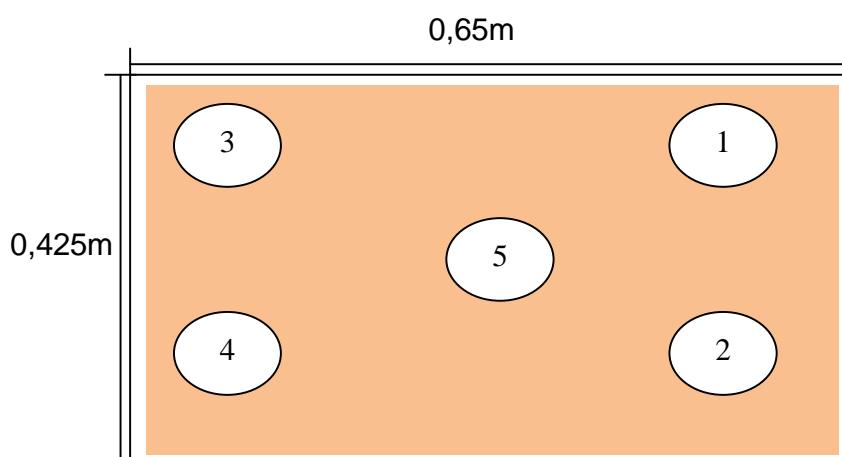


**Figura 11.** Curva de Presión en el Secador Rectangular

Entre la 3ra y 5ta hora, el quemador fue apagado y solo se suministró aire ambiente para poder remover el grano y pasar el grano de la superficie a la parte profunda y viceversa, para un grano con 30% de humedad inicial se tardaron un tiempo de 11 horas en secarlo, tiempo en el cual no se logró una humedad segura de almacenamiento (13 % a 14%), lo máximo alcanzado en promedio fue de 15,6%. Al no llegar a una humedad segura de almacenamiento, se incrementa el proceso de calentamiento de los granos, que con humedad de 15,6% todavía se los considera húmedos y durante el almacenamiento pueden llegar a elevar su temperatura a más de 60°C, lo que constituye un medio perfecto para el desarrollo de microorganismos que a su vez producen sustancias químicas que son tóxicas para animales y seres humanos (*Aspergillus flavus*) (Arias, 1993). A esto se suma el calor ambiente del Cantón, el cual tiene una elevada temperatura, lo cual ayuda a que el grano permanezca caliente y además los escasos cuidados por evitar que el grano (húmedo y seco) sea contaminado por aves, roedores e insectos que se encuentran por el sector, hace que el maíz se deteriore y pierda la calidad alcanzada en campo. Se tiene que tomar en cuenta que la principal causa de pérdidas de calidad y cantidad en granos, sea este húmedo o seco, es la presencia de insectos, microorganismos y roedores durante el almacenamiento.

### 3.3.1.2. Determinación del flujo de aire

La velocidad del aire se midió en el ducto de entrada del aire caliente al plenum, en cinco puntos tal como se muestra en la figura 12.



**Figura 12.** Puntos de medición de la velocidad del aire en el ducto de entrada al plenum del secador rectangular.

**Tabla 7.** Flujos de aire y presión estática medidos en el secador rectangular.

PUNTOS DE REGISTRO	VELOCIDAD DEL AIRE (m/min)	FLUJO DE AIRE (m <sup>3</sup> /min)	FLUJO DE AIRE (m <sup>3</sup> /min/m <sup>2</sup> )	PRERSIÓN ESTÁTICA (mm. de H <sub>2</sub> O)
1	762	213	5	13,75
2	762	213	5	13,75
3	853	239	5,6	16,25
4	762	213	5	13,75
5	853	239	5,6	16,25
<b>PROMEDIO</b>	<b>798,4</b>	<b>223,4</b>	<b>5,24</b>	<b>14,75</b>

Por tratarse de un ventilador artesanal no se puede establecer si la altura de los granos, el flujo de aire y las dimensiones del secador son las adecuadas, debido a que no se cuenta con curvas de los mismos. El flujo de aire de 5,24 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> no entra en el rango recomendado por la FAO, el mismo que debe estar entre 7,2m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> a 15 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>. Flujos de aire por debajo de los valores sugeridos retardan la operación de secado, comprometen la calidad del maíz, de igual manera flujos de aire demasiado altos, si bien es cierto reducen el tiempo de secado, provocan un aumento en el consumo de energía y de los costos operacionales, incrementando de igual forma la inversión inicial. Revisada la velocidad del aire y su distribución en el lecho de granos, se observó que hay una cierta deficiencia en los puntos 1,2 y 4.

La altura de capa de maíz que se colocó es de 0,33 m, la misma que no está dentro de los valores establecidos y sugeridos por la FAO (entre 0,4m a 0,6m), si se utiliza una altura menor, el aire de secado pasa por el lecho de granos con demasiada rapidez, lo cual provoca que estos no entren en contacto con aire en forma adecuada, si la altura es mayor el aire no llega a toda la masa de granos y es difícil

dar movimiento a estos, en los dos casos lo que se provoca es un secado sin uniformidad en toda la masa de granos y se prolonga el tiempo de secado.

### **3.3.1.3. Determinación del tiempo de residencia**

El tiempo que ocuparon los centros de servicio de secado en las condiciones actuales es de 11 horas para secar 10,6 toneladas de maíz, es decir 0,96 t/h, tiempo demasiado extenso, considerando que se trata de una zona caliente y sin embargo, en los secadores no se llega a una humedad segura para poder almacenar el maíz, el tiempo de residencia depende de varios factores como el clima, humedad inicial del grano y la capacidad de evaporación de la planta. El tiempo promedio se puede reducir mejorando las condiciones en las que llega el grano a los centros de servicio de secado, como son la humedad y las impurezas.

### **3.3.1.4. Consumo de gas licuado de petróleo (GLP)**

La cantidad de GLP consumida en las condiciones actuales a las que están operando los secadores ( $H_i = 30\%$  y  $H_f = 15,6\%$ ), se estableció obteniendo los promedios de consumo por día de GLP de acuerdo a las facturas emitidas por AUSTROGAS y midiendo el porcentaje de gas que se consumía a medida que avanzaba la operación de secado, por medio del contador del tanque de GLP de 2 148 kg, pero solo este se llenó hasta el 90% por razones de seguridad. Se pudo determinar que en una hora de operación del secador, se consumió 2,1% de la capacidad total, lo que corresponde a 45 kg de GLP por hora, en las 11 horas de operación se consumió un total de 495 kg de gas. Para determinar el consumo específico de energía del secador a estas condiciones, se realizó el cálculo de la cantidad de agua que se está eliminando por hora, por medio de la ecuación 3.5 (De Dios, 1996):

$$thh = \frac{[100 - H_f]}{[100 - H_i]} * tsh \quad [3.5]$$

Donde:

$thh$  = Toneladas de grano húmedo por hora

$tsh$  = Toneladas de grano seco por hora

$Hf$  = Humedad final

$Hi$  = Humedad inicial

Conocidas las toneladas de maíz húmedo que se esta procesando por hora, y las humedades, se determinó las toneladas de grano seco que se están produciendo.

$$tsh = \frac{[100 - Hi]}{[100 - Hf]} * thh$$

$$tsh = \frac{[100 - 30]}{[100 - 15,6]} * 0,96 = 0,8 \text{ Toneladas de grano seco por hora}$$

Agua a evaporar por hora:  $0,96 - 0,8 = 0,16$  toneladas de  $H_2O$  por hora

El poder calórico del GLP es de 11 000 Kcal/Kg y de acuerdo con el consumo horario de gas y la cantidad de agua a eliminar por hora, se estableció el consumo calórico:

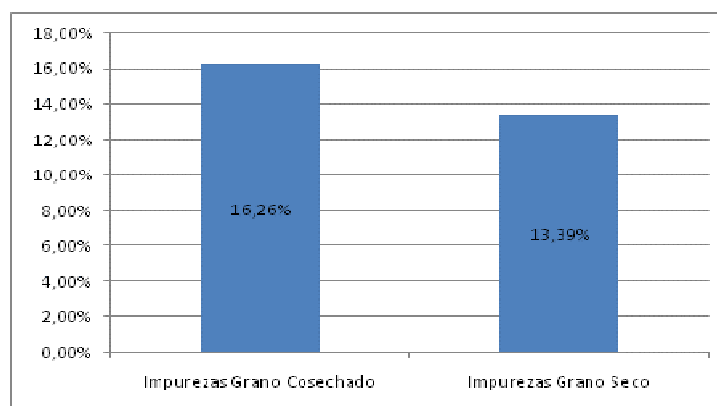
$$11\ 000 \text{ Kcal/Kg}_{GLP} * 45 \text{ Kg}_{GLP} /h = 495\ 000 \text{ Kcal/h}$$

$$\frac{495\ 000 \text{ Kcal/h}}{160 \text{ Kg}_{H_2O}/h} = 3\ 093,75 \text{ Kcal/Kg}_{H_2O}$$

Este resultado significó un rendimiento energético del 19,4%, es decir se consumió 2493,75 Kcal adicionales para eliminar un kilogramo de agua. Rendimiento demasiado bajo si consideramos que las secadoras tradicionales estáticas deben tener un rendimiento energético entre un 40% a 50%, (45% en promedio) (De Dios, 1996). Estos bajos rendimientos correspondieron principalmente a la humedad con la que está llegando el grano desde finca, la cercanía del quemador con el ventilador, lo cual provoca que la llama no se desarrolle en forma adecuada lo que provoca que se envíe solo aire con gas hacia el secador.

### 3.3.1.5. Determinación del porcentaje de impurezas

Cabe recalcar que los centros de servicio de secado no realizan determinación alguna del porcentaje de impurezas del producto que reciben, es decir, el producto permanece e ingresa sucio en la operación de secado. La determinación de impurezas es muy importante debido a que si no se realiza antes de la operación de secado, se invierte más tiempo, combustible y se tiene un alto riesgo de incendio, porque estas pueden quedar depositadas en el interior de los secadores y son de fácil combustión.



**Figura 13.** Porcentaje de impurezas en grano cosechado y grano seco.

La diferencia entre el porcentaje de impurezas en el grano húmedo y seco, se debe a que después del secado las impurezas no se encuentran adheridas al grano y en los centros se realiza una limpieza como se muestra en la figura 13.



**Figura 14.** Limpieza realizada luego de la operación de secado.

### 3.3.2. SECADORES TIPO CIRCULARES

Los secadores circulares son poco utilizados en la zona de Ventanas, a pesar de que estos ofrecen muchas ventajas sobre los secadores rectangulares. En los secadores circulares se obtiene una mejor distribución del aire en el plenum, debido a que no existe la presencia de esquinas y el aire tiene un mejor contacto con la masa de granos. Están constituidos por una base de cemento que forma la cámara de aire, la cual está sosteniendo planchas de hierro que forman parte de la cámara de secado, de igual manera que el secador rectangular, consta de un piso falso con agujeros de 3 mm de diámetro, tiene un ventilador centrífugo y un quemador, que forman el sistema de calentamiento de aire. Tiene las siguientes dimensiones:

Diámetro: 8 m

Altura del Plenum (cámara de aire): 0,65 m

Altura de la cámara de secado: 1,15 m

Altura total: 1,8 m

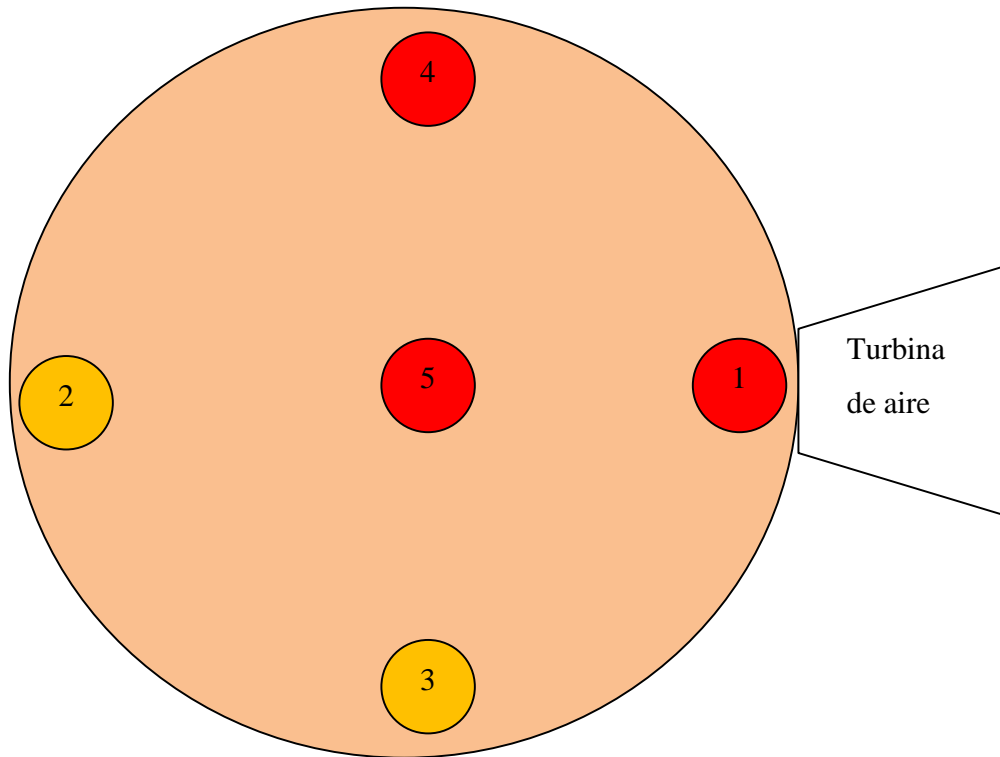


**Figura 15.** Secador tipo circular

### **3.3.2.1. Determinación de humedad, temperatura y presión**

La ubicación de los puntos de registro se especifica en el mapeo realizado en la figura 16. Se estableció 5 puntos de toma de humedades y temperaturas.





**Figura 16.** Puntos de muestreo y diferencia de temperaturas en un secador tipo circular.

● Mayor temperatura

● Temperatura intermedia

● Menor temperatura

Puntos de Registro	Rango de Temperatura
1-4-5	62,7°C – 65°C

**Tabla 8.** Variación de temperaturas en los puntos de registro en el secador circular

2-3	59,8°C – 61°C
-----	---------------

Estas diferencias de temperatura son producidas por un mal direccionamiento del aire, aunque en este tipo de secador se da una mejor distribución, en el plenum se producen turbulencias, por lo que igual que en el caso del secador rectangular se debe ubicar deflectores para lograr direccionar de una mejor manera el flujo del aire, la dirección del ventilador se observó que se encuentra ligeramente inclinado hacia el lado izquierdo por lo que el aire caliente entra y se dirige hacia el punto 4 y de ahí se distribuye a los demás puntos.

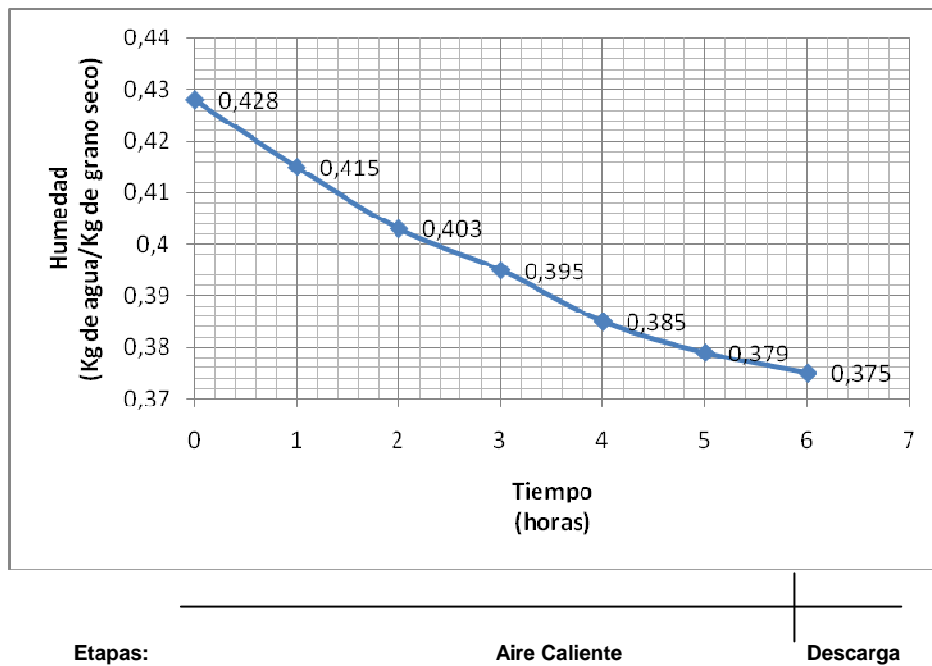
En la tabla 9, se muestra las humedades, temperaturas y presiones promedios que se

TIEMPO (HORAS)	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	PRESION (Pas)
-------------------	----------------	---------------------	------------------

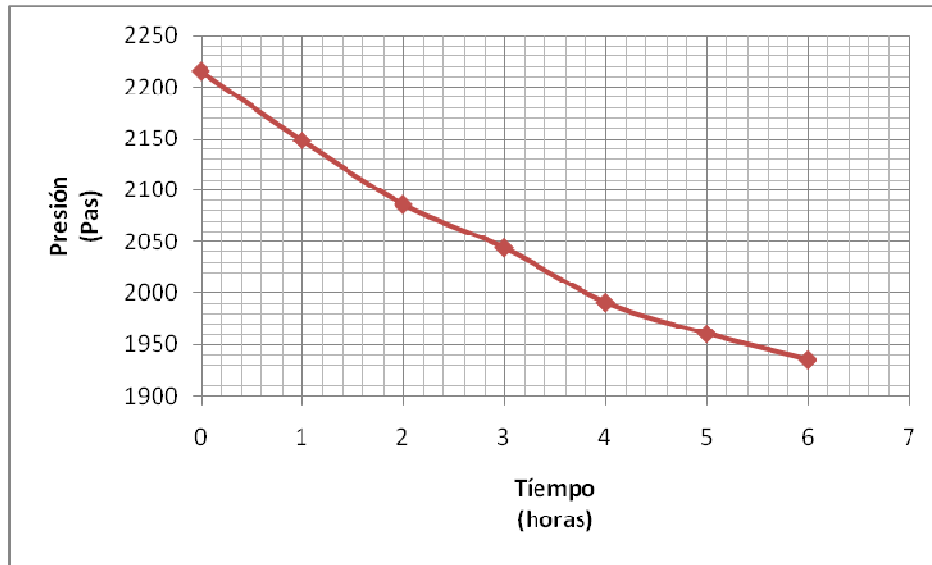
registraron en cada punto por cada hora de secado y en la figura 17 se detalla la curva de secado y en la figura 18 la curva de presión.

**Tabla 9.** Humedades, temperaturas y presiones promedios por cada hora de registro secador circular

0	30,0	62	2 215
1	27,0	62,7	2 148
2	24,1	59,2	2 086
3	22,1	61,3	2 044
4	19,5	61,3	1 991
5	18,0	60	1 961
6	16,7	61,3	1 936



**Figura 17.** Curva de secado del secador circular

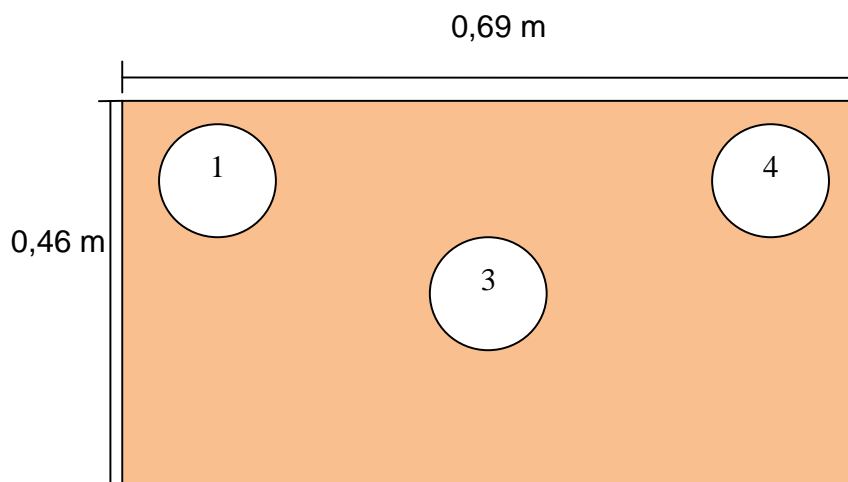


**Figura 18.** Curva de presión del secador circular

En este secador no se removió el grano, y se dejó en el secador por 6 horas, aunque este secador es más eficiente en tiempo y distribución del aire, no se alcanzó la humedad segura de almacenamiento, solo se llegó hasta 16,7% en promedio, los problemas provocados por no secar correctamente el grano son los mismos explicados anteriormente.

### 3.3.2.2. Determinación del flujo de aire

En la figura 19 se observa la distribución de los puntos en el ducto de entrada de aire donde se midió la velocidad y en la tabla 10 se muestra los flujos de aire y presiones estáticas obtenidos.





**Figura 19.** Puntos de medición de la velocidad del aire en el ducto de entrada al secador circular

**Tabla 10.** Flujos de aire y presiones estáticas medidos en el secador circular.

PUNTOS DE REGISTRO	VELOCIDAD DEL AIRE (m/min)	FLUJO DE AIRE (m <sup>3</sup> /min)	FLUJO DE AIRE (m <sup>3</sup> /min/m <sup>2</sup> )	PRESIÓN ESTÁTICA (mm. de H <sub>2</sub> O)
1	529	148	3	6,5
2	785	220	4,4	11,25
3	844	236	4,7	12,5
4	884	247	5	13,75
5	841	235	4,7	12,5
<b>PROMEDIO</b>	<b>777</b>	<b>217</b>	<b>4,4</b>	<b>11,3</b>

Como se explicó en la revisión y evaluación del secador rectangular, aquí tampoco se puede establecer con certeza si los parámetros en los cuales se encuentra operando el secador son los correctos, ya que se trata de un secador construido artesanalmente. De igual manera el flujo de aire de 4,4 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> es demasiado bajo y no se encuentra dentro de los rangos recomendados por la FAO, notándose una deficiencia en los puntos 1 y 2. Los parámetros bajo los cuales se obtenga maíz a humedad de equilibrio, dependen de las operaciones de presecado, humedad del grano cosechado que está en el orden de 28 a 34%, del grado de impurezas, de la

velocidad y temperatura del aire caliente, que según la información registrada es de 217 m<sup>3</sup>/min.

### 3.3.2.3. Determinación del tiempo de residencia

En la situación actual en los secadores circulares están utilizando en promedio un tiempo de 6 horas para el secado de 11,3 toneladas de maíz, es decir 1,88 ton/h, este tiempo se puede reducir mejorando las condiciones en las que llega el grano a los centros de servicio de secado, como es la humedad e impurezas.

### 3.3.2.4. Consumo de gas licuado de petróleo (GLP)

La cantidad de GLP consumida en las condiciones actuales a las que están operando los secadores ( $H_i = 30\%$  y  $H_f = 16,7\%$ ), se estableció de la misma manera como se realizó en el caso del secador rectangular. Se pudo determinar que en una hora de operación del secador, se consumió 2% de la capacidad total, lo que corresponde a 44 kg de GLP por hora, en las 6 horas de operación se consumió un total de 264 kg de gas. El consumo específico de energía del secador a estas condiciones, se calculó por medio de la ecuación 3.5:

$$tsh = \frac{[100 - H_i]}{[100 - H_f]} * thh$$

$$tsh = \frac{[100 - 30]}{[100 - 16,7]} * 1,88 = 1,6 \text{ Toneladas de grano seco por hora}$$

Agua evaporada por hora:  $1,88 - 1,6 = 0,28$  toneladas de H<sub>2</sub>O por hora

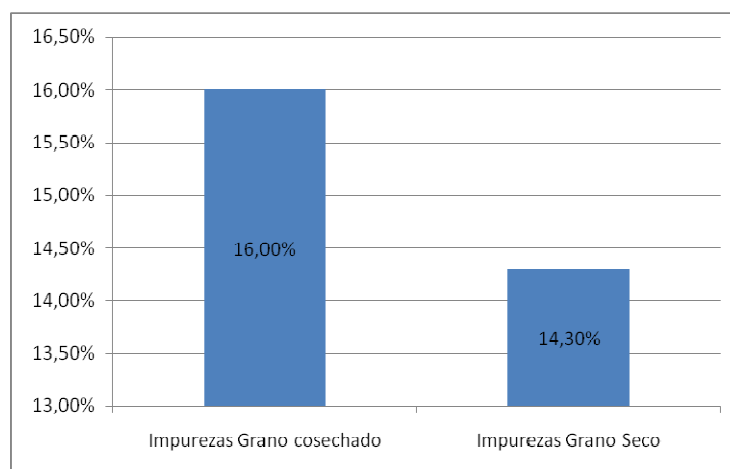
El consumo calórico fue de:

$$\begin{aligned} 11\ 000 \text{ kcal/kg}_{\text{GLP}} * 44 \text{ kg}_{\text{GLP}} / \text{h} &= 484\ 000 \text{ kcal/h} \\ \frac{484\ 000 \text{ kcal/h}}{280 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{h}} &= 1\ 728,6 \text{ kcal/kg}_{\text{H}_2\text{O}} \end{aligned}$$

Este resultado significó un rendimiento energético del 34,7%, lo que equivale a un consumo de 1 128,6 kcal adicionales para eliminar un kilogramo de agua. Como se puede observar este tipo de secadores son más eficientes energéticamente que los secadores rectangulares, principalmente por la forma de la cámara

### 3.3.2.5. Determinación del porcentaje de impurezas

Al igual que en el secador rectangular no se realizó una determinación de impurezas correcto, lo único que se ejecutó es una inspección visual de una pequeña muestra de granos escogida al azar a la llegada del producto a la planta de secado. Por lo que se está corriendo el mismo riesgo de incendio y pérdida de calidad en el grano como ocurre en los secadores rectangulares, este problema se ha mantenido por largo tiempo en esta zona. La calidad del grano es muy importante, pero no se la mantiene porque los centros de secado no cuentan en su mayoría con el equipo y el conocimiento necesario para realizar un muestreo adecuado.



**Figura 20.** Porcentaje de impurezas en grano cosechado y grano Seco.

El grano húmedo y seco tiene diferencias en el porcentaje de impurezas, por las mismas razones explicadas en el caso analizado anteriormente, al grano que está más seco se adhieren menos las impurezas y porque de igual forma se realiza una limpieza, como se ilustra en la figura 21.



**Figura 21.** Limpieza realizada luego de la operación de secado

### **3.4. FORMULACIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO DEL MANEJO POSCOSECHA EN FINCA Y DE LAS OPERACIONES DE SECADO DE MAÍZ**

#### **3.4.1. ACCIONES CORRECTIVAS RELACIONADAS A LA EVALUACIÓN CON EL LISTADO DE VERIFICACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS**

En la tabla 11 se muestran las acciones correctivas que se determinaron para poder cumplir con el reglamento de las BPA.



**Tabla 11.** Incumplimientos y acciones correctivas para cumplir con el reglamento de las BPA

AMBITO Y ARTICULOS INCUMPLIDOS	INCUMPLIMIENTOS	ACCIONES CORRECTIVAS
1. Material Vegetal de Propagación Artículo: 1.3	La semilla que utilizan los agricultores, proviene de INIAP, pero también se utiliza semilla “clasificada”, es decir, guardada por los mismos agricultores, de cosechas anteriores, pero no realizan ningún tratamiento.	Capacitar a los agricultores para que utilicen semilla certificada y no reciclen materiales vegetales anteriores, peor la semilla de híbridos, la cual tienen un vigor muy bajo por la segregación de los parentales. Además se debe instruir sobre la manera de llevar registros de semilla que están utilizando.
2. Historial y Manejo del Suelo Artículo: 2.1.3; 2.1.4; 2.2.1.; 2.2.2; 2.2.3; 2.3.1; 2.3.4	Se arroja desechos comunes al campo, no hay presencia de barreras físicas, los animales tienen libre paso entre los cultivos, no existe ningún mecanismo o estructura de prevención de ataque de plagas. No se ha realizado una zonificación de los lugares de siembra ni de donde hay potenciales puntos de contaminación. Además los cultivos se encuentran muy próximos lo que produce contaminación con agroquímicos y no existe ningún tipo de zanjas	Capacitar a los agricultores para que aprendan a reciclar la basura y hacer un mapeo señalizando los sitios específicos para arrojar los desechos comunes, se debe delimitar los cultivos, más aún si son híbridos, elaborar un plan de prevención de plagas y establecer límites para impedir que los animales ingresen a las zonas de siembra Construir curvas de nivel y zanjas de desviación en los lotes de producción para impedir la contaminación por escurrimiento.
3. Lugar de Producción Artículos: 3.1; 3.2; 3.3	No existen obras de conservación de suelos y manejo técnico de los cultivos, no se controla el depósito de basura dentro del cultivo. Ni se cuenta con un plan de acciones correctivas para riesgos identificados que puedan afectar el agua, suelo y el cultivo.	Elaborar un plan de manejo de basura y un plan de acciones correctivas para reducir el impacto de potenciales peligros de contaminación para el agua, suelo y cultivo, se recomienda realizar recorridos de los predios para poder controlar la contaminación del terreno de cultivo por desechos depositados en el mismo.

**Tabla 11.** Incumplimientos y acciones correctivas para cumplir con el reglamento de las BPA.

Continuación

<p>4. Siembra Artículos: 4.1; 4.2; 4.3; 4.4</p>	<p>Los desechos son quemados y no son incorporados al suelo como abono orgánico tratado. La semilla no se encuentra protegida, se la almacena en el mismo lugar donde se tiene los abonos, fertilizantes, además los animales tienen libre acceso, no se cuenta con registros documentados de los cultivos, no hay un manejo técnico del cultivo.</p>	<p>Realizar labores de presiembra, implementar con un lugar adecuado para almacenar los fitosanitarios, alejado de comedores, vivienda. Contar con registros de siembra en donde conste: identificación del lote, fecha de siembra, variedad, cantidad de plantas, procedencia de la semilla, área sembrada, cultivo anterior, fecha esperada de cosecha (anexo XXI)</p>
<p>5. Labores Culturales Artículos: 5.1; 5.3</p>	<p>Siempre se utiliza maquinaria pesada para la preparación del suelo. Los productos químicos son aplicados no con una justificación profesional que haya hecho los cálculos respectivos, sino por experiencia en cultivos anteriores.</p>	<p>Realizar las labores de presiembra, tratando de minimizar el uso de maquinaria pesada para evitar la compactación del suelo e incorporar la materia orgánica descompuesta con el fin de promover la aireación. Se debe contar con la justificación dada por un profesional que sustente la aplicación del químico que se desee utilizar.</p>
<p>6. Fertilización Artículos: 6.1; 6.2; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6</p>	<p>No se lleva ningún registro sobre la aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos, estos últimos no son utilizados. Los agroquímicos no tienen un lugar específico para ser almacenados.</p>	<p>Elaborar registros para fertilizantes en los que conste: fecha de aplicación, lotes tratados y superficie, justificación de la aplicación, método de aplicación, dosis, nombre comercial, casa productora y objetivo de la aplicación. Construir una bodega exclusiva para agroquímicos y abono, alejados de viviendas, baterías sanitarias, comedores y fuentes de agua, en condiciones que se evite la contaminación por escurrimiento y lixiviación, y estas bodegas deben estar debidamente</p>

		señalizadas.
--	--	--------------

**Tabla 11.** Incumplimientos y acciones correctivas para cumplir con el reglamento de las BPA.  
Continuación

7. Uso y Calidad del Agua Artículos: 7.1.1; 7.1.3; 7.1.4; 7.1.5, 7.1.6; 7.1.7; 7.1.8; 7.1.9; 7.1.10; 7.2.3; 7.2.4	No se cuenta con una fuente de agua, hay acceso libre de animales a las fuentes de agua. No se realizan pruebas para verificar la calidad del agua, los recipientes utilizados para preparar agroquímicos también se utilizan para colocar el agua. No cuentan en la zona con un sistema de riego, dependen del clima y no hay un programa de almacenamiento de agua.	Limitar la entrada de animales y realizar pruebas para verificar la calidad del agua., concientizar a los agricultores para que los recipientes utilizados para el agua sea solo para dicha actividad. Realizar un mapeo de las fuentes de agua disponibles en la zona, para poder determinar una infraestructura de riego que beneficie a todos los agricultores, capacitar a los agricultores para el cuidado del agua.
8. Protección de los Cultivos Artículos: 8.1.1; 8.1.2; 8.1.3; 8.1.4; 8.1.5; 8.1.6; 8.1.7; 8.1.8; 8.2.1; 8.2.2; 8.2.3; 8.3.1; 8.3.2; 8.3.3; 8.3.4; 8.4.1; 8.4.2; 8.4.3; 8.4.4; 8.4.5; 8.5.1; 8.5.2; 8.6.1; 8.6.2; 8.6.3	No existe un plan de manejo adecuado de plaguicidas y no se toma precauciones para la aplicación de agroquímicos, no se toma la cautela de no permitir que mujeres en periodo de gestación hagan la aplicación de estos productos, se desconoce los límites máximos permitidos de residuos (LMR).	Capacitar a los productores de la importancia de un buen manejo de plaguicidas y de las responsabilidades que esto con lleva, de igual manera dar a conocer los límites máximos permitidos de residuos.
9. Cosecha Artículos: 9.1; 9.2; 9.3; 9.4; 9.5	En la cosecha y transporte del producto no se toma precauciones para no contaminarlo con tierra, polvo, insectos, además es maltratado en el viaje hasta el centro de servicio de secado, los desechos de cosechas anteriores son quemados. No existe un programa de desinfección de maquinaria utilizada en cosecha, ni de las instalaciones utilizadas en la limpieza y secado.	Capacitar a los productores sobre la importancia de tener medidas de control para evitar que el producto entre en contacto con agentes contaminantes, así como también de los peligros de dejar el grano a la intemperie luego de la cosecha y la utilización de los residuos orgánicos para la obtención de abono y no quemarlos para disminuir el impacto ambiental. Dar a conocer la importancia de la desinfección de los equipos e instalaciones utilizadas en la cosecha, limpieza y secado del producto.
10. Salud de los Trabajadores Artículos: 10.1; 10.2; 10.3; 10.4	La aplicación de plaguicidas y otros productos químicos no se realiza de una manera adecuada.	Las personas que realizan esta actividad debe ser capacitada técnicamente, se debe utilizar ropa e implementos adecuados: overol, botas, guantes, mascarilla, los cuales deben ser utilizados solo para esta labor.

**Tabla 11.** Incumplimientos y acciones correctivas para cumplir con el reglamento de las BPA.

Continuación

11. Prácticas Poscosecha Artículos: 11.1.1; 11.1.2; 11.1.3; 11.1.4; 11.1.5; 11.2.1; 11.2.2; 11.2.3; 11.2.4; 11.2.5; 11.3.1; 11.3.2; 11.3.3; 11.3.4; 11.4.1; 11.4.2	No se dispone de instalaciones para almacenar el producto en finca, el producto permanece a la intemperie al momento de ser cosechado, el momento de empacar el grano no se realiza un control adecuado, no se a realizado ninguna clase de manuales sobre el cuidado del manejo en finca, ni en los centros de servicio de limpieza y secado, tampoco existen registros de análisis de laboratorio de un manejo eficaz del grano	Implementar tendales de almacenamiento en finca para colocar el producto y realizar un presecado del grano, capacitar a los productores para evitar que tengan el producto a la intemperie, limpiar el lugar de proceso cada vez que se lo vaya a utilizar y efectuar un control de calidad adecuado el momento de empacar el grano. Elaborar manuales técnicos de cómo realizar una poscosecha adecuada del grano de maíz.
12. Sistema de Rastreabilidad Artículos: 12.2; 12.3	No se realiza un procedimiento de rastreabilidad del producto. No existe un sistema de comunicación entre los agricultores y los dueños de los centros de servicio de secado.	Capacitar a los agricultores y dueños de servicio de secado de la importancia de tener un procedimiento de rastreabilidad y comunicación del producto que permita ubicar y retirar el grano si se detecta algún peligro para la salud del consumidor final

### 3.4.2. MANUALES DE MANEJO POSCOSECHA DEL GRANO DE MAÍZ.

Los manuales y los registros necesarios que se elaboraron para el manejo del grano de maíz en la poscosecha se detallan en el anexo XIX.

Los manuales se dividieron en dos partes:

- Manual de manejo poscosecha del grano de maíz a nivel de finca.
- Manual de manejo del grano de maíz en los centros de acopio.

Debido a que el personal que maneja el grano en finca no es el mismo que maneja el grano en los centros de servicio de limpieza y secado, fue necesaria esta división con el fin de orientar de una mejor manera la poscosecha de maíz en todas sus etapas.

### **3.5. ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DE LA LIMPIEZA Y SECADO**

#### **Condiciones actuales de operación:**

##### **Características:**

Capacidad:	1,42 toneladas/hora
Valor inicial:	8 000 USD
Uso anual:	980 horas
Valor residual:	800 USD
Vida útil:	10 años
Interés:	10% anual
Seguro:	80 USD/año
Sueldo encargado:	414,42 USD/mes
Sueldo ayudante:	248,50 USD/mes
Sueldo personal de apoyo (6 personas):	2 271 USD/mes
Potencia del motor:	20 HP
Consumo de gas:	44,5 kg/hora

##### **Gastos fijos:**

##### **Amortización:**

$$A = \frac{8000 - 800}{10} = 720 \text{ USD/año}$$

##### **Interés:**

$$I = 0,1 * \left( \frac{8000 - 800}{2} \right) = 360 \text{ USD/año}$$

**Seguro:**

$$8\,000 * 0,01 = 80 \text{ USD/año}$$

**Mano de obra permanente:**

$$\text{Encargado} = 414,42 * 12 = 4\,973,04 \text{ USD/año}$$

$$\text{Ayudante} = 248,50 * 12 = 2\,982 \text{ USD/año}$$

Total Mano de Obra: 7 955,04 USD/año

**Tabla 12.** Resumen de gastos fijos en condiciones actuales de operación

<b>TOTAL GASTOS FIJOS</b>	
A	720 USD/año
I	360 USD/año
S	80 USD/año
MO <sub>P</sub>	7 955,04 USD/año
<b>TOTAL</b>	<b>9 115,04 USD/año</b>

Gastos fijos por hora:  $\frac{9\,115,04 \text{ USD/año}}{980 \text{ horas/año}} = 9,30 \text{ USD/hora}$

**Gastos variables:**

**Combustible:**

$$C = \left( \frac{43610}{980} \right) * 0,3334 = 14,84 \text{ USD/hora}$$

**Electricidad:**

$$E = 20 \text{ HP} * 0,7457 = 15 \text{ KWh} * 0,08 \text{ USD/KWh} = 1,20 \text{ USD/hora}$$

**Reparaciones y mantenimiento:**

$$RM = 0,00001 * 13,85 * 8000 = 1,11 \text{ USD / hora}$$

**Gastos de administración:**

$$(7\ 955,04 * 0,2) / 980 = 1,62 \text{ USD/hora}$$

**Mano de obra adicional:**

$$2\ 271 \text{ USD} * 3,5 = 7\ 948,50 \text{ USD/año} / 980 \text{ horas/año} = 8,11 \text{ USD/hora}$$

**Tabla 13.** Resumen de gastos variables en condiciones actuales de operación

<b>TOTAL GASTOS VARIABLES</b>	
C	14,84 USD/hora
E	1,20 USD/hora
RM	1,11 USD/hora
GA	1,62 USD/hora
MO <sub>A</sub>	8,11 USD/hora
<b>TOTAL</b>	<b>26,88 USD/hora</b>

**Costo total secadora:**

Costos fijos: 9,30 USD/hora

Costo Variables: 26,88 USD/hora

Total: 36,18 USD/hora

**Equipo complementarios:**

1 tornillos sin fin: 3 700 USD

Total estimado: 3 700 USD

**Amortización:**

$$A = \frac{3700 - 370}{10} = 333 \text{ USD/año}$$

**Interés:**

$$I = 0,1 * \left( \frac{3700 - 370}{2} \right) = 166,5 \text{ USD/año}$$

**Tabla 14.** Resumen de gastos fijos de equipos complementarios en condiciones actuales de operación

<b>Total gastos fijos equipos</b>	
A	333 USD/año
I	166,5 USD/año
<b>TOTAL</b>	<b>499,5 USD/año</b>

Gastos fijos por hora:  $\frac{499,5 \text{ USD/año}}{980 \text{ horas/año}} = 0,51 \text{ USD/hora}$

**Electricidad:**

1 motor de 10HP

$$10\text{HP} * 0,7457 = 7,457 \text{ KWh} * 0,08 \text{ USD/KWh} = 0,60 \text{ USD/hora}$$

**Reparaciones y mantenimiento:** Se consideró un 0,00005 de Vn.

$$0,00005 * 3\ 700 = 0,185 \text{ USD/hora}$$

**Tabla 15.** Resumen de gastos variables de equipos complementarios en condiciones actuales de operación

<b>Total gastos variables equipos</b>
---------------------------------------



E	0,60 USD/hora
RM	0,185 USD/hora
<b>TOTAL</b>	<b>0,78 USD/hora</b>

**Total costo equipos complementarios:**

Costos fijos: 0,51 USD/hora

Costos Variables: 0,78 USD/hora

Total: 1,29 USD/hora

**Costo total del secado:**

Costo secadora rectangular: 36,18 USD/hora

Costo Equipos complementarios: 1,29 USD/hora

Total: 37,47 USD/hora

La relación beneficio/costo anual de implementar las mejoras en el secador rectangular es de 1,67 USD.

**Condiciones mejoradas de operación:**

**Características:**

Capacidad: 1,72 toneladas/hora

Valor inicial: 8 000 USD

Uso anual: 1 009 horas

Valor residual: 800 USD

Vida útil: 10 años

Interés: 10% anual

Seguro: 80 USD/año

Sueldo encargado: 414,42 USD/mes

Sueldo ayudante: 248,50 USD/mes

Sueldo personal de apoyo (6 personas): 2 271 USD/mes

Potencia del motor: 20 HP

Consumo de gas: 24,3 kg/hora

**Gastos fijos:**

**Amortización:**

$$A = \frac{8000 - 800}{10} = 720 \text{ USD/año}$$

**Interés:**

$$I = 0,1 * \left( \frac{8000 - 800}{2} \right) = 360 \text{ USD/año}$$

**Seguro:**

$$8\ 000 * 0,01 = 80 \text{ USD/año}$$

**Mano de obra permanente:**

$$\text{Encargado} = 414,42 * 12 = 4\ 973,04 \text{ USD/año}$$

$$\text{Ayudante} = 248,50 * 12 = 2\ 982 \text{ USD/año}$$

Total Mano de Obra: 7 955,04 USD/año

**Tabla 16.** Resumen de gastos fijos en condiciones mejoradas de operación

<b>TOTAL GASTOS FIJOS</b>	
A	720 USD/año
I	360 USD/año
S	80 USD/año
MO <sub>P</sub>	7 955,04 USD/año
<b>TOTAL</b>	<b>9 115,04 USD/año</b>

Gastos fijos por

USD/año = 9,03 USD/hora

1 009 horas/año

hora: 9 115,04

**Gastos variables:**

**Combustible:**

$$C = \left( \frac{24518,7}{1009} \right) * 0,3334 = 8,10 \text{ USD/hora}$$

**Electricidad:**

$$E = 20 \text{ HP} * 0,7457 = 15 \text{ KWh} * 0,08 \text{ USD/KWh} = 1,20 \text{ USD/hora}$$

**Reparaciones y mantenimiento:**

$$RM = 0,00001 * 9 * 8000 = 0,72 \text{ USD / hora}$$

**Gastos de administración:**

$$(7\ 955,04 * 0,2) / 1\ 009 = 1,58 \text{ USD/hora}$$

**Mano de obra adicional:**

$$2\ 271 \text{ USD} * 3,5 = 7\ 948,50 \text{ USD/año} / 1\ 009 \text{ horas/año} = 7,88 \text{ USD/hora}$$

**Tabla 17.** Resumen de gastos variables en condiciones actuales de operación

<b>TOTAL GASTOS VARIABLES</b>	
C	8,10 USD/hora
E	1,20 USD/hora
RM	0,72 USD/hora
GA	1,58 USD/hora
MO <sub>A</sub>	7,88 USD/hora
<b>TOTAL</b>	<b>19,48 USD/hora</b>

**Costo total secadora:**

Costos fijos: 9,03 USD/hora

Costo Variables: 19,48 USD/hora

Total: 28,51 USD/hora

**Equipo complementarios:**

2 tolvas (para almacenamiento grano húmedo y seco) de 30ton: 42 000 USD

2 tornillos sin fin: 7 400 USD

Total estimado: 49 400 USD

**Amortización:**

$$A = \frac{49400 - 4940}{10} = 4446 \text{ USD/año}$$

**Interés:**

$$I = 0,1 * \left( \frac{49400 - 4940}{2} \right) = 2223 \text{ USD/año}$$

**Tabla 18.** Resumen de gastos fijos de equipos complementarios en condiciones mejoradas de operación

<b>Total gastos fijos equipos</b>	
A	4 446 USD/año
I	2 223 USD/año
<b>TOTAL</b>	<b>6 669 USD/año</b>

Gastos fijos por hora:  $\frac{6\,669 \text{ USD/año}}{1\,009 \text{ horas/año}} = 6,61 \text{ USD/hora}$

1 009 horas/año

**Electricidad:**

2 motores de 10HP = 20 HP

$$20\text{HP} * 0,7457 = 15 \text{ KWh} * 0,08 \text{ USD/KWh} = 1,20 \text{ USD/hora}$$

**Reparaciones y mantenimiento:** Se consideró un 0,00005 de Vn.

$$0,00005 * 7\,400 = 0,37 \text{ USD/hora}$$

**Tabla 19.** Resumen de gastos variables de equipos complementarios en condiciones mejoradas de operación

<b>Total gastos variables equipos</b>	
E	1,20 USD/hora
RM	0,37 USD/hora
<b>TOTAL</b>	<b>1, 57 USD/hora</b>

**Total costo equipos complementarios:**

Costos fijos: 6,61 USD/hora

Costos Variables: 1,57 USD/hora

Total: 8,18 USD/hora

**Costo total del secado:**

Costo secadora: 28,51 USD/hora

Costo Equipos complementarios: 8,18 USD/hora

Total: 36,69 USD/hora

La relación beneficio/costo anual de implementar las mejoras en el secador rectangular es de 1,77 USD, es decir por cada dólar que se invierte se recuperan 1,77 dólares.

### **3.6. ESTUDIO DE LOS FACTORES DE IMPACTO AMBIENTAL**

El impacto ambiental producido en el cultivo de maíz no es significativo, pero las acciones realizadas luego de su cosecha son las que producen impactos representativos al ambiente, así como también en la fase del proceso de secado.

Los factores a evaluar se determinaron por medio de la ficha de levantamiento de datos de impactos ambientales, la cual se presenta en el anexo XX.

En la tabla 20 se puede observar la valoración en función de la importancia y magnitud de los factores ambientales.

**Tabla 20.** Valoración de factores ambientales en base a importancia y magnitud

FACTORES AMBIENTALES	IMPORTANCIA (I)	MAGNITUD (M)	MAGNITUD MEDIA ( $\bar{M}$ )	M/I	M*I
Quema de desechos orgánicos	9,5	D.c.3.p.I.	$\frac{-(10+10+10+10)}{4}$	-10/9,5	-95%
Incorporación en el suelo de desechos orgánicos	9,5	B.a.3.t.R.	$\frac{+(2,5+10+7,5+5)}{4}$	+6,25/9,5	+59,4%
Compactación del suelo	8	D.a.2.p.I.	$\frac{-(2,5+7,5+10+10)}{4}$	-7,5/8	-60%
Depósito de basura	9,5	D.a.3.t.R.	$\frac{-(2,5+10+7,5+5)}{4}$	-6,25/9,5	-59,4%

Ruido	8,5	D.a.2.t.R.	$\frac{-(2,5+7,5+7,5+5)}{4}$	-5,62/8,5	-47,8%
Quema combustible	8	D.b.2.t.I.	$\frac{-(7,5+7,5+7,5+10)}{4}$	-8,12/8	-65%
Espacio físico	8	B.a.3.p.I.	$\frac{-(2,5+10+10+10)}{4}$	+8,12/8	+65%
Utilización de agroquímicos	9	D.a.3.t.I.	$\frac{-(2,5+10+7,5+10)}{4}$	-7,5/9	-67,5%
Utilización de fertilizantes	9	D.a.3.t.I.	$\frac{-(2,5+10+7,5+10)}{4}$	-7,5/9	-67,5%
Utilización de abonos orgánicos	9,5	B.a.3.t.I.	$\frac{+(2,5+10+7,5+10)}{4}$	+7,5/9,5	+71,25%
Limpieza de instalaciones	9	B.a.2.t.R.	$\frac{+(2,5+7,5+7,5+5)}{4}$	+5,62/9	+50,6%
Plagas	8	D.b.3.p.I.	$\frac{-(7,5+10+10+10)}{4}$	-9,4/8	-75,2%
Seguridad de trabajadores	8	B.a.2.t.R.	$\frac{-(2,5+7,5+7,5+5)}{4}$	+5,62/8	+45%
<b>Nº DE IMPACTOS POSITIVOS</b>					<b>5</b>
<b>Nº DE IMPACTOS NEGATIVOS</b>					<b>8</b>
<b>% DE IMPACTOS POSITIVOS</b>					<b>+55,62%</b>
<b>% DE IMPACTOS NEGATIVOS</b>					<b>-69%</b>
<b>% DE IMPACTO GLOBAL</b>					<b>-6,7%</b>

### 3.6.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En la tabla 21 se detalla las actividades de atenuación para los impactos ambientales.

**Tabla 21.** Medidas de atenuación de impactos ambientales

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIDA DE MITIGACIÓN</b>
Quema de desechos orgánicos	Capacitaciones a todos los agricultores acerca de la importancia de incorporar los desechos orgánicos al suelo de cultivo
Compactación del suelo	Concientizar sobre la gran importancia de minimizar la utilización de maquinaria pesada en la preparación del terreno
	Enseñar y capacitar sobre la importancia de no depositar en el terreno de cultivo los desechos y sobre la importancia que tiene el reciclaje para la conservación del ambiente, así como también la

Depósito de basura	manera en que se debe llevar a cabo. Además los envases en los que se recicle deberán estar ubicados de tal manera que no exista el peligro que se contamine fuentes de agua, alimentos, y debe ser un lugar de fácil acceso para su recolección.
Ruido	Dotar a los operadores de maquinaria de las protecciones necesarias para efectuar sus actividades.
Quema de combustible	Colocar filtros a las máquinas para reducir en lo posible el impacto de la quema de fósiles.
Espacio físico	Aprovechar al máximo todos los espacios disponibles para poder realizar un acopio adecuado del grano en finca como en los centros de secado, adecuando correctamente los espacios para este fin. Y no seguir alterando el entorno natural.
Utilización de agroquímicos	Capacitar a los agricultores la importancia de minimizar su uso excesivo.
Utilización de fertilizantes	Enseñar al agricultor a utilizar estos productos cuando el caso lo amerite realmente.
Plagas	Programas adecuados de manejo de plagas.
Seguridad de trabajadores	Dotar a los trabajadores de todas las seguridades en operaciones que pueden producir lesiones graves y leves.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

1. La operación poscosecha en la que se presenta mayor porcentaje de pérdida es el desgrane de las mazorcas de maíz en finca, por las siguientes causas: descalibración de la máquina y someter un grano con alto contenido de humedad a esta operación.
2. En la zona del Cantón Ventanas ningún agricultor realiza secado del grano ni limpieza en finca por dos razones principalmente: por la necesidad económica y por el tiempo. Esto incide en los valores percibidos en la comercialización.



3. Los secadores rectangulares presentan múltiples limitaciones frente a los secadores circulares, los cuales tienen una buena distribución del aire y se obtiene una mejor repartición del aire de secado.
4. El mal direccionamiento del aire hace que se produzcan pérdidas de presión y se distribuya en forma inadecuada en la masa de granos.
5. El rango de humedad adecuado para poder almacenar un grano por largo tiempo esta entre 13% a 14%, lo que se logra con una eficiente operación de secado y un manejo adecuado del grano.
6. El 90% de la producción maicera de la zona esta destinada a la industria de los balanceados, por lo que los controles de calidad son importantes.
7. Con una altura de 0,5 m (+/- 0,1m), las toneladas a secar en un secador rectangular son 16,15 toneladas y el tiempo de residencia es de 10,8 horas y en el secador circular las toneladas son de 19 toneladas y el tiempo necesario es de 9,8 horas, con las dimensiones de los secadores analizados.
8. Con una humedad media de 22,5% y un flujo de aire promedio de 11,1 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> el consumo de GLP por hora es de 24,3 kg<sub>GLP</sub>/h.
9. De acuerdo al análisis del impacto ambiental, se obtuvo que el impacto al ambiente es negativo, por lo que se considera realizar acciones de mitigación para disminuir dicho impacto.
10. La implementación de las mejoras es viable, ya que presenta una relación beneficio/costo de 1,77 USD.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Es de suma importancia realizar un presecado en finca para disminuir las pérdidas en la operación de desgrane y percibir un mejor precio por el producto que están vendiendo.
2. Se recomienda dejar una distancia entre el quemador y el ventilador para permitir que la llama se desarrolle y colocarla dentro de un hogar para permitir que el aire y el calor se mezclen, además de colocar deflectores en la base del plenum para provocar que el aire que está chocando violentamente con la pared frontal del secador, se dirija con los deflectores y entre en contacto con la masa de granos.
3. Durante el almacenamiento hay que controlar la presencia de insectos fumigando el grano, de roedores colocando trampas o cebos envenenados y de aves evitando el libre ingreso de las mismas a las instalaciones, colocando mallas en las posibles entradas.
4. Realizar inspecciones del grano almacenado en periodos de tiempo adecuados para poder detectar posibles focos de contaminación o presencia de plagas.
5. El flujo de aire recomendado por la FAO para este tipo de secadores de lecho fijo debe estar entre 7,2 a 15 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> de piso de la cámara de secado. En el caso del secador rectangular debe tener un flujo de 9,6 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> y en el caso del secador circular tendría que ser de 11,4 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>.
6. Las alturas recomendadas para el secado de maíz en la cámara de secado están entre 0,4 a 0,6 m, utilizándose un promedio de 0,5m.
7. Se recomienda dejar una distancia entre el quemador y el ventilador para permitir que esta se desarrolle correctamente y no sea arrancada por la

succión del ventilador. Además se permitirá una adecuada mezcla del aire con el calor del quemador.

8. Colocar un sistema de expansión gradual en la entrada de aire hacia el plenum para evitar pérdidas de presión del ventilador y facilitar la distribución del aire en la capa de granos.
9. Proteger a la llama de la humedad ambiente, colocándola dentro de una cámara de combustión.
10. Se recomienda ubicar centros de servicio de secado de la federación en lugares estratégicos para que los agricultores puedan disminuir el costo que pagan por transportar el grano hasta los centros que prestan este servicio.