

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AZAFRÁN (*Crocus sativus* L.)
CON LA APLICACIÓN DE 2 SUSTRATOS EN LA COMUNIDAD
COMBUYO, MUNICIPIO DE VINTO DEL DEPARTAMENTO DE
COCHABAMBA**

PRESENTADO POR:

MÓNICA VANESSA CLARES CUTILI

La Paz – Bolivia

2017

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AZAFRÁN (*Crocus sativus* L.)
CON LA APLICACIÓN DE 2 SUSTRATOS EN LA COMUNIDAD
COMBUYO, MUNICIPIO DE VINTO DEL DEPARTAMENTO DE
COCHABAMBA**

MÓNICA VANESSA CLARES CUTILI

Tesis de Grado presentada
como requisito parcial para
optar al Título de Ingeniero
Agrónomo.

ASESOR:

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

TRIBUNAL REVISOR

Ing. Freddy Cadena Miranda

Ing. Jonhy Cesar Oliver Cortez

Ing. Esther Tinco Mamani

.....
Presidente del tribunal revisor

LA PAZ – BOLIVIA

2017

DEDICATORIA

Con mucho cariño y respeto, a mis padres Eusebio Clares Cutilí y Bárbara Zenteno Alucí por el apoyo espiritual, moral y material, también a mi querida hermana Silvia Clares y hermanos Ariel, Ronald y Álvaro, por el ánimo que me brindaron en todo momento.

Con mucho amor a mi esposo Arnold Quenallata Pérez por estar a mi lado apoyándome en los buenos y malos momentos. En especial, dedicar a mi hija Vanía Quenallata Clares por ser el pilar de vida, la fuente de mi inspiración para salir adelante.

A mis abuelitos Gregorio Clares Pajsi (†) y Justina Cutilí Zegarra (†), por darme buenos consejos en la etapa de mi niñez, juventud y encaminarme para lograr ser la persona que soy hoy en día.

A mis tíos adorados, en especial a mi tía madrina Francisca Clares Cutilí, por brindarme todo su cariño y apoyo moral, por ser como mi segunda mamá y un ejemplo de lucha a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradecer a Dios por darme la oportunidad de compartir tan bellos momentos y darme el mejor regalo que una mujer puede tener, mi hija.

También, agradecer de todo corazón a las siguientes personas, a las instituciones que fueron un pilar fundamental para la conclusión del presente trabajo.

A la Universidad Mayor de San Andrés, a través de la Facultad de Agronomía, por darme la oportunidad de ser parte de ella, cumplir con todo el proceso de formación académica.

Al predio experimental de Sistemas Agroforestales Combujo, a cargo de la Ing. Noemí Stadler, por darme grandes conocimientos sobre el lugar y los diferentes temas de estudio, por su comprensión, apoyo incondicional respecto al tema, por su paciencia y la oportunidad de conocer a diferentes practicantes de diversos países.

A mi asesor, Ing. Carlos Mena, por los conocimientos compartidos libremente, brindándome apoyo técnico desinteresado para el desarrollo y conclusión del presente trabajo, reconocer que como persona es un amigo con el que se puede contar.

A mis revisores de tesis por el apoyo para la presentación de este trabajo.

RESUMEN

El ensayo se llevó a cabo en el predio experimental Mollesnejta, con el objetivo de evaluar la adaptación del cultivo de azafrán *Crocus sativus*. Dicho lugar está ubicado en la comunidad de Combujo, Cochabamba, a una altitud de 2756 msnm. Las condiciones climatológicas en la zona presentan temperaturas de 18 a 25 °C, pluviometría de 400 a 700 mm. Se evaluaron 2 sustratos y 1 testigo, en cada tratamiento se empleó una cantidad de 25 bulbos de azafrán por unidad. El espacio entre plantas fue de 10 cm. La separación entre tratamientos fue de 1 m. El área total en el que se llevó el experimento fue de 35 m². Las variables se analizaron con un diseño completamente al azar, para el procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SAS. Los sustratos empleados fueron los de estiércol de burro, carbón vegetal y uno testigo. Se observó que el tratamiento con carbón vegetal no es favorable para el azafrán, por el lado contrario, el azafrán tuvo mejor respuesta al tratamiento sin abonos.

Se observó que el cultivo de azafrán es adaptable a la región semiárida de Bolivia, pero, a diferencia de la región europea, este cultivo tuvo un ciclo más largo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. El azafrán.....	3
3.1.1. Origen	3
3.1.2. Taxonomía del azafrán	4
3.1.3. Características botánicas.....	5
3.1.4. Generalidades.....	5
3.1.5. Variedades.....	6
3.1.6. El azafrán especia	7
3.2. Fases del cultivo	7
3.2.1. Período vegetativo	7
3.2.2. Periodo reproductivo.....	8
3.2.3. Letargo	9
3.2.4. Floración	10
3.2.5. Multiplicación.....	11
3.3. Requerimientos del cultivo	12
3.4. Labores del cultivo.....	13
3.4.1. Plantación	16
3.4.2. Abonado.....	17
3.4.3. Riego.....	18
3.4.4. Monda de la rosa	19
3.4.5. Tueste o secado de los estigmas	20
3.4.6. Conservación del azafrán	20
3.5. Producción.....	21

3.6. Plagas y enfermedades	22
3.6.1. Enfermedades	22
3.6.2. Plagas	27
3.6.3. Control de malezas	28
3.7. Recolección	29
3.8. Principios activos	30
3.9. Propiedades y usos	32
3.10. Composición nutricional del azafrán	33
3.11. El comercio exterior del azafrán	35
3.11.1. Situación mundial.....	35
3.11.2. La exportación desde España	36
3.11.3. La importación en España	37
3.12. El futuro del azafrán	37
3.13.1. Abono de estiércol de equino	39
3.13.1. Nutrientes del estiércol de equino	39
3.13.2. Características de abonos orgánicos de origen animal en g/kg	40
3.14. Carbón vegetal	40
4. MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1. Localización	41
4.2. Características de la zona	42
4.2.1. Comportamiento pluvial	42
4.2.2. Comportamiento térmico.....	42
4.2.3. Topografía y fisiografía	43
4.2.4. Suelo	43
4.2.5. Vegetación	43
4.3. Materiales	44
4.4. Metodología	45
4.4.1. Procedimiento en campo	45
4.4.2. Procedimiento experimental	46
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
5.1. Condiciones climáticas	50

5.1.1. Precipitación pluvial	50
5.1.2. Temperatura.....	51
5.2. Análisis físico-químico de los sustratos.....	51
5.3. Análisis de las variables del cultivo	52
5.3.1. Días a la emergencia	52
5.3.2. Porcentaje de emergencia	54
5.3.3. Días a la floración	56
5.3.4. Número de flores por plantas	56
5.3.5. Número de bulbos por planta	57
5.3.6. Altura de planta.....	57
5.4. Características agronómicas del cultivo.....	59
5.5. Características fenológicas del cultivo	60
5.6. Rendimiento del cultivo	60
5.7. Características climáticas a las que se adapta el cultivo	61
5.7.1. Comparación de las temperaturas.....	61
5.7.2. Comparación de las precipitaciones.....	63
5.7.3. Fotoperiodo.....	63
5.8. Comparación de las características agronómicas del azafrán	64
6. CONCLUSIONES	66
7. RECOMENDACIONES	68
8. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1 Valores nutricionales del azafrán	34
Cuadro N° 2 Características de abonos orgánicos de origen animal en g/kg	40
Cuadro N° 3 Composición de la orina en g/100 ml de fluido.....	45
Cuadro N° 4 Cantidad de agua regada por fechas.....	46
Cuadro N° 5 Precipitación total por mes en el lugar del experimento	50
Cuadro N° 6 Características físico-químicas de los sustratos.....	52
Cuadro N° 7 Análisis de varianza para la variable días a la emergencia.....	52
Cuadro N° 8 Prueba de Tukey para días a la emergencia	53
Cuadro N° 9 Análisis de varianza para porcentaje de emergencia	54
Cuadro N° 10 Prueba de Tukey para el porcentaje de emergencia	54
Cuadro N° 11 Número de flores por planta.....	57
Cuadro N° 12 Análisis de varianza para altura de planta	57
Cuadro N° 13 Prueba de Tukey para la altura de planta.....	58
Cuadro N° 14 Características agronómicas del azafrán.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1 Rendimiento de estigmas tostados en Europa	35
Gráfico N° 2 Parcela experimental.....	42
Gráfico N° 3 Croquis de la parcela.....	46
Gráfico N° 4 Temperaturas registradas en el predio del ensayo.....	51
Gráfico N° 5 Días a la emergencia de cada tratamiento	53
Gráfico N° 6 Porcentaje de emergencia de cada tratamiento	55
Gráfico N° 7 Días a la floración de cada tratamiento.....	56
Gráfico N° 8 Altura de planta.....	58
Gráfico N° 9 Comparación de las temperaturas máximas.....	61
Gráfico N° 10 Comparación de las temperaturas mínimas	62
Gráfico N° 11 Precipitaciones del lugar de ensayo y del país de procedencia de los bulbos de azafrán	63
Gráfico N° 12 Comparación del fotoperiodo	64
Gráfico N° 13 Etapas del azafrán en Europa.....	65
Gráfico N° 14 Etapas del azafrán en Bolivia	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Bulbos de azafrán

Anexo N° 2 Separación de bulbos

Anexo N° 3 Preparación de los sustratos

Anexo N° 4 Excavado de las camas y cernido

Anexo N° 5 Preparación del terreno

Anexo N° 6 Sembrado de los bulbos de azafrán

Anexo N° 7 Medición de la distancia entre bulbos para la siembra

Anexo N° 8 Parcela sembrada con los bulbos de azafrán

Anexo N° 9 Brotación del cultivo

Anexo N° 10 Toma de datos del cultivo

Anexo N° 11 Flor de azafrán

Anexo N° 12 Documento de certificación de calidad de los bulbos

Anexo N° 13 Análisis de laboratorio

Anexo N° 14 Datos comparados de las características climáticas de Bolivia y el país de procedencia del azafrán

1. INTRODUCCIÓN

El azafrán es una especia antigua conocida y utilizada por el hombre desde los tiempos prehistóricos de la humanidad, el cultivo de esta planta está estrechamente relacionado con las civilizaciones más cultas del mundo Oriental, y su descubrimiento en Occidente está marcado por los progresivos desplazamientos de los pueblos, de Este a Oeste, conformaron la secuencia de las culturas de toda la cuenca mediterránea (Herrero y Sánchez, 2002).

De origen desconocido, aunque introducida en Europa y la cuenca mediterránea desde Asia Menor y cultivada desde muy antiguo. El azafrán fue introducido por los árabes en la Península Ibérica, donde se cultiva desde el siglo X. Los árabes extendieron su cultivo en todas direcciones, aprovecharon la mítica “Ruta de la Seda”, en sus transacciones comerciales con Oriente (la India, China, Tailandia) (Castroviejo, y otros 1993).

Actualmente su uso como especia es el más extendido y tiene un destacado valor comercial en Europa y el resto del mundo. Los países con mayor producción de azafrán son Irán y España.

Este cultivo no fue introducido aun en Bolivia, y puede ser debido al desconocimiento de la especia en nuestro país y al elevado precio.

1.1. Antecedentes

En la actualidad no se realizaron estudios científicos en Bolivia sobre el cultivo del azafrán. Por lo tanto, no se cuenta con antecedentes locales respecto al tema.

Sin embargo, se sabe que este cultivo se adapta muy bien en la región mediterránea de Europa pues es tolerante a condiciones adversas que otros cultivos no podrían resistir.

1.2. Justificación

La importancia del cultivo de “crocus” radica en el precio que puede alcanzar hasta los 2500 \$/kg de especia procesada, siendo esta la especia más cara del mundo, un factor importante para el elevado precio de esta especia es la elevada cantidad de mano de obra empleada en el proceso de producción, esta mano de obra se caracteriza por ser familiar.

El azafrán, por ser un cultivo de gran importancia económica en diferentes zonas de Europa y Asia, es una excelente alternativa para mejorar la economía de los agricultores en Bolivia debido a que el costo de la mano de obra en nuestro país es baja en comparación a la mano de obra en los países donde habitualmente se cultivan.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la adaptabilidad del cultivo de azafrán (*Crocus sativus* L.) con la aplicación de abono orgánico y carbón vegetal en la comunidad Combujo, municipio de Vinto del departamento de Cochabamba.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las características agronómicas del cultivo de azafrán bajo los diferentes tipos de abonos.
- Evaluar la fenología del cultivo de azafrán bajo diferentes tipos de tratamientos, con carbón vegetal, abono orgánico.
- Determinar el rendimiento del cultivo con diferentes tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. El azafrán

3.1.1. Origen

En los siglos XII y XIII, el comercio renació con fuerza en Europa y la mayoría de los países se preocuparon de intercambiar sus productos con el fin de satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento. Entre las mercancías que se llevaban a Europa de lejanos países de Asia se encontraban, junto con el oro y la plata, sedas, tapices, piedras preciosas y, sobre todo, especias: pimienta, clavo de olor, canela y, el más valioso de todos, el azafrán, que era utilizado como condimento, fármaco y colorante (Mathew, 1982).

Algunos estudios arqueológicos e históricos indican que la domesticación del azafrán data de 2000 a 1500 años A.C. (Fernández Pérez, 2000).

A partir de esta época, son variadas y diversas las referencias sobre su uso en ritos y ceremonias religiosas, en medicina y en la gastronomía de diferentes culturas. Tiene una rica historia en India, mayormente en las comunidades hindúes, donde se lo usaba en rituales y en la tradicional medicina conocida como Ayurveda. (Alarcón, J. y Sánchez, A. 1968).

El nombre *Crocus* encuentra su origen en Grecia, en la palabra *krokos*, que es el nombre de una pequeña ciudad donde aun actualmente producen azafrán (Fernández, 2004). Siendo desconocido el origen de la palabra “azafrán”, es muy similar su denominación en distintas lenguas, habiendo sobrevivido casi sin alteración en árabe (záfaran), inglés (*saffron*), francés (*safrane*), italiano (*zaferano*) Del mismo modo que se ha conservado su expresión idiomática, se ha mantenido a lo largo del tiempo su modo de cultivo, de recolección, de monda y de secado, como se puede comprobar en frescos encontrados que datan de 1600 A.C. Es un cultivo en el que la

mano de obra es un factor económico decisivo para su producción y para la determinación del precio. (Alarcón, J. y Sánchez, A. 1968).

La mano de obra interviene en la recolección individual y en la monda de cada una de las flores, para obtener el estigma con los tres filamentos unidos y separados del resto de los elementos florales. Básicamente, la mano de obra en el proceso de elaboración es causa del elevado valor económico del azafrán. Es la especia más cara del mundo; siendo su valor superior en cinco veces al de la vainilla y cerca de 30 veces al del cardamomo (Fernández, 2000).

Por ese alto valor económico, el azafrán especia ha sido denominado “oro rojo”, siendo también objeto de muy diversas adulteraciones y falsificaciones, aprovechando su nombre y su valor. La normalización de la calidad del azafrán especia ha avanzado en la cuantificación de determinados parámetros por métodos espectrofotométricos e incluso cromatográficos, intentando evitar la evaluación subjetiva de las características organolépticas que se realizaba antiguamente. (Fernández, 2000).

3.1.2. Taxonomía del azafrán

La palabra azafrán procede del árabe hispánico, *azza'farán*, y éste a su vez del árabe clásico, *za'farán*. Se desconoce dónde comenzó su uso y cultivo, ni la especie cuya domesticación originó *Crocus sativus* L., que es la cultivada. El género *Crocus* comprende más de 80 especies que se distribuyen por el Mediterráneo europeo y oeste de Asia, pero *C. sativus* no se encuentra en ningún lugar de forma natural. (Álvarez, 2013).

La taxonomía de la planta azafrán, según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Álvarez, 2013) es:

Clase: Liliatea (Monocotiledoneas).

Subclase: Lilliidae.

Orden: Liliades.

Familia: Iridacea.

Género: *Crocus*.

Especie: *Crocus sativus* L.

3.1.3. Características botánicas

3.1.4. Generalidades

El *Crocus sativus* pertenece al orden de las Liliáceas, familia de las Iridáceas.

El Género *Crocus* cuenta con unas 75 u 80 especies, unas 40 localizadas en Europa. Las principales características de la especie *Crocus sativus* son:

Son plantas herbáceas, perennes, con una altura normal de 10 a 25 cm que, en algunas áreas, debido a factores ambientales puede sobrepasar los 50 cm. Su color es verde. Poseen bulbos sólidos de 2,5 a 3 cm de diámetro. Poseen una yema terminal o apical y frecuentemente otra lateral que dan origen a las hojas. Los bulbos se hallan recubiertos por una túnica reticulada de ásperas fibras de color terroso. Se les conoce vulgarmente con el nombre de “cebolla”.

Las hojas parecen nacer del bulbo, envueltas en su base por unas vainas; son lineares, casi cilíndricas, erectas, de color verde oscuro y marcadas longitudinalmente con una banda blanca en su cara interna y una nervadura en su parte externa. El número de hojas, agrupadas en manojo, oscila entre 6 y 10; su anchura suele ser de unos 2 mm y su altura sobrepasa la de las flores, pudiendo alcanzar y superar los 30 cm. Las hojas y flores nacen generalmente al mismo tiempo. ya avanzada la primavera estas hojas se secan. Se las conoce vulgarmente como “cerdas”, “espartín” o “espartillo”.

Las flores suelen ser de 1 a 3 por tallo de la planta, que a su vez puede constar de 2 ó 3 tallos. La flor consta de 6 pétalos de color violáceo.

Los estigmas destacan en la concavidad de la flor en número de 3, de color amarillo rojizo o anaranjado; 3 a 4 cm de largo, que una vez desecados quedan reducidos a 2 cm. Finísimos en su base, devienen progresivamente más gruesos hasta alcanzar en su extremidad unos 2 mm; son por lo general acanalados y rematados en forma de maza o pequeña trompa. El estigma seco posee una intensa fragancia y constituye lo que se denomina puramente azafrán. Comúnmente se los conoce como “clavos del azafrán”. Al conjunto de la flor se la denomina “rosa del azafrán” (Álvarez, 2013).

3.1.5. Variedades

Describimos cinco variedades. El azafrán de Italia presenta filamentos de 3-4 cm de largo, estigmas anchos en el extremo, en forma de trompeta, grandes, de color rojo brillante, un poco grasientos. Es muy aromático y tiñe pronto el agua.

El azafrán de España presenta filamentos más largos y delgados que el anterior, menos grasientos, más secos, fáciles de romper, el color poco brillante y sabor ligeramente amargo.

El azafrán de Francia tiene filamentos largos, elásticos, anchos, de color que varía entre el rojo vivo y el rojo oscuro, sabor ligeramente amargo.

El azafrán de Austria se caracteriza por tener filamentos iguales al italiano, muy aromático, de color rojo pardo y sabor agrio.

El azafrán de Oriente o de Persia tiene filamentos gruesos y poco aromáticos.

3.1.6. El azafrán especia

El azafrán especia, los estigmas tostados para obtener el oro rojo, ha sido muy apreciada por sus propiedades aromatizantes, colorantes, medicinales y culinarias desde tiempos remotos, en la actualidad se investiga sobre sus propiedades antitumorales. Es la especia más cara del mundo, pero su cultivo en Europa se está abandonando, siendo los países asiáticos, principalmente Irán, los mayores productores. (Álvarez, 2013).

3.2. Fases del cultivo

3.2.1. Período vegetativo

El azafrán tiene su origen a nivel orgánico en un bulbo que inicia su ciclo de desarrollo a partir de su condición como meristemo encontrándose en estado de reposo, durante el cual no tienen lugar ni la división ni la diferenciación celular.

El bulbo del azafrán es un órgano subterráneo, provisto o rodeado de túnicas que lo protegen contra la excesiva pérdida de agua y contra posibles lesiones de carácter mecánico.

Según N. Azizbekova y colaboradores (1978), el desarrollo del meristemo de los nuevos bulbos del *Crocus sativus* comienza inmediatamente después de la floración, en noviembre.

En la base del bulbo materno, las células meristemáticas, a través de múltiples mitosis, dan lugar a la formación de tejidos embrionales, a partir de los cuales se obtendrá la constitución de los bulbos hijos.

Esos tejidos embrionales, con capacidad permanente de división celular, inician el desarrollo de su actividad de forma muy lenta, fase de latencia.

Ya en la primera composición rudimentaria comienzan a esbozarse los órganos vegetativos de lo que, con el tiempo, se transformará en una planta. El caulículo, porción caulinar del embrión, apunta lo que posteriormente se transformará en el tallo; los primordios foliares, minúsculas yemas embrionales, muestran el esbozo de los que meses más tarde se habrá convertido en hojas.

De diciembre a febrero el desarrollo del vástago apical continúa a ritmo lento, constituyendo el evento principal la iniciación y desarrollo de hojas y raíces.

Si bien la actividad mitótica de los meristemos apicales observa en estos meses una pauta extremadamente atenuada, es esta actividad la que determina, en conjunto, la pauta de crecimiento no solamente mediante la formación de órganos y tejidos de hojas y raíces, sino asimismo propiciando una importante acumulación de reservas en el bulbo, que serán, en definitiva, las que determinen su tamaño, calidad de la flor y número de flores. En este hecho radica la importancia de que para el bulbo representa la adopción de todas las medidas encaminadas a proporcionar a la planta aquellos cuidados y requerimientos de que tenga necesidad en esta etapa.

3.2.2. Periodo reproductivo

En el transcurso del mes de marzo se opera en el azafrán la transición del período vegetativo al generativo, constituyendo este evento uno de los períodos considerados críticos.

Esta transición comienza caracterizándose por una febril actividad mitótica de las células, con una gran profusión de divisiones y diferenciaciones que dan lugar a profundas transformaciones celulares, fase de aceleración.

Pese a que el bulbo ofrece la impresión de hallarse en estado de reposo, en su interior está desarrollándose un proceso de vital importancia, con transformaciones decisivas a impulsos de la activación de unos mecanismos cuya línea de actuación

está fijada genéticamente y cuyo colofón va a suponer la modelación biológica de la planta, así como la conformación morfológica de la misma.

Según N. Azizbekova y otros (1978) durante la transición de la fase de crecimiento vegetativo al generativo tiene lugar el cambio más significativo en la diferenciación del ápice.

Los meristemas vegetativos, emplazados en el centro y ápice del bulbo, efectúan su transformación convirtiéndose en brote floral y brotes de raíces.

Al operarse la transición de uno a otro período se produce un apreciable aumento en el consumo de energía a todos los niveles. La formación de tejidos jóvenes incrementa notablemente el ritmo respiratorio con el consiguiente aumento de transpiración., lo que conlleva a unas exigencias superiores de agua por parte del vegetal; de ahí que, si las precipitaciones a finales de marzo no se producen, o tienen lugar en exiguas proporciones, se haga preciso el riego con cubetas.

3.2.3. Letargo

De abril a junio, según N. Azizbekova y otros (1978), la actividad mitótica del azafrán decrece durante el período de formación de los órganos generativos que, no obstante, continúan diferenciándose hasta el mes de agosto.

Al llegar abril los nuevos bulbos están completamente formados, no experimentando ya ningún aumento, ni en peso ni en grosor.

Las hojas finalizan por secarse, segándose para su aprovechamiento como forraje para el ganado o abandonándolas sobre el terreno.

En el transcurso de estos meses el bulbo permanece en estado latente. Con la llegada de las altas temperaturas se produce la entrada del vegetal en una fase de

ralentización. Su actividad se reduce progresivamente hasta cesar casi por completo. El azafrán entra en la fase que se conoce como reposo, dormición o letargo.

3.2.4. Floración

A últimos del mes de agosto la planta despierta de su letargo, reanuda sus actividades metabólicas con normalidad, identificándose de nuevo con su medio e integrándose en ese engranaje que forman, su estrecha relación, suelo, planta y clima.

De los bulbos surgen nuevos tallos, con las hojas envolviendo a los mismos. Las yemas embrionales se transforman en verdaderos órganos florales; se producen el principio del fin de un proceso, el de floración, cuya culminación será la presencia exterior de la flor, su iniciación tuvo lugar durante la transición de la planta del período vegetativo al reproductivo, programado genéticamente condicionado por factores tanto endógenos como exógenos. En el primer caso con las hormonas de crecimiento vegetal como protagonistas y en el segundo caso, por la luz, temperaturas y humedad preferentemente.

Se define un período crítico que es la barrera de horas de luz necesarias para que la planta florezca, rebasada la cual la planta de días corto como el azafrán no florece. Teniendo en cuenta las características inherentes al azafrán, latitudes en que se hallan situados sus cultivos, fechas en que florece, capacidad de absorción de luz por parte de sus órganos y su condición de planta de día corto, puede situarse su período crítico de floración en unas doce horas y media de oscuridad mínima, o lo que es lo mismo, con unas exigencias máximas de luz cifradas en unas once horas y media, sobrepasadas las cuales la planta permanecerá en estado vegetativo.

La temperatura óptima para la floración del azafrán puede situarse en valores que oscilan entre 10 °C y 15 °C.

3.2.5. Multiplicación

Se realiza únicamente por vía agámica puesto que las plantas cultivadas son estériles. El fenómeno se debe al propio origen del azafrán, es decir, de híbrido triploide entre dos especies próximas al *Crocus sativus*. Se recurre al bulbo tubérculo que por definición es la base engrosada de un eje caulinar compacto, con nudos e entrenudos diferenciados, contenido en hojas escuamiformes más densas de lo normal. El cuerpo del bulbo – tubérculo está formado por tejidos de reserva. Las hojas basales secas se quedan en los nudos y forman una especie de protección contra la deshidratación y los daños mecánicos llamada envoltura. En el extremo superior del bulbo la yema terminal vegetativa encontramos en los bulbos – tubérculos más grandes algunas yemas laterales que, en caso de que la principal no pueda desarrollarse por cualquier motivo, pueden dar origen a talluelos florales.

Los bulbos para la plantación se toman de un cultivo preexistente que haya llegado al final del ciclo, en la fase de mengua vegetativa, desde julio hasta mediados de septiembre. Se hace una selección y los preseleccionados, que son los de diámetro de 30-40 mm son liberados de las hojas y de la envoltura externa seca, de forma que queda brillante la interna. Luego se efectúa la plantación, pero, si por causas adversas no se realiza de inmediato, se pueden conservar fácilmente los bulbos en locales húmedos y aireados.

Muy pronto se originan dos brotes, protegidos por tres o cuatro capas de envoltura, que luego sobresalen del terreno y liberan un manojito de 10-12 hojas. Hacia la segunda quincena de octubre aparecen las flores, que en un período de doce horas se abren completamente y adoptan el aspecto de campanas.

La actividad vegetativa se detiene en la estación invernal para luego continuar con particular vigor hacia finales de marzo. Desde la base de los brotes se forman los bulbitos, que se engrosarán con el tiempo. este proceso tiene lugar primero a expensas

del bulbo madre, y seguidamente gracias a los elaborados de las hojas. Por lo tanto, la propagación tiene lugar naturalmente, por fragmentación del bulbo madre.

3.3. Requerimientos del cultivo

La planta soporta temperaturas rigurosas, con valores que oscilan entre 35-40 °C en verano y -15 °C ó -20 °C en invierno, referidos al medio ambiente, ya que las temperaturas propias del suelo varían ostensiblemente. No obstante, valores del orden de -15°C ó -20 °C si coinciden con períodos críticos del vegetal pueden ocasionar serias alteraciones en el bulbo, repercutiendo sensiblemente en los rendimientos finales de producto.

Las necesidades hídricas se estiman en unos 600-700 mm de agua anuales. Se asegura que dos precipitaciones copiosas al año coincidentes con los períodos de diferenciación y floración, pueden ser suficientes para abastecer los requerimientos hídricos de la planta.

Existen precedentes de experiencias llevadas a cabo en fincas de regadío, en las cuales se ha puesto de manifiesto que, dotando al cultivo de medios adecuados, mecanizándolo hasta los límites en que el mismo lo permite, se han obtenido rendimientos equiparables a los producidos por otros cultivos hortícolas.

El azafrán agota temporalmente el terreno para el propio cultivo, pues es cierto que una vez levantado el azafranal es aconsejable dejar transcurrir 10 ó 12 años antes de volver a plantar azafrán en esos terrenos, si bien pueden ser utilizados para otros como cereales o leguminosas ya que estos aportan los nutrientes perdidos como el nitrógeno.

Los suelos que mejor han respondido a las exigencias de la planta han sido aquellos caracterizados por su textura calcáreo – arcillosa, con un contenido en caliza en torno al 40-50%.

El suelo debe de ser profundo para evitar la compactación y con el objeto de permitir el almacenamiento de agua, aspecto fundamental tratándose de climas con bajos índices pluviométricos. 60-70 cm suele ser una profundidad apropiada. Deberá ser un suelo equilibrado en materia orgánica con el fin de reducir los riesgos de erosión a que se hallan expuestos no pocos suelos dedicados a este cultivo. Con un contenido del 1,5 al 2% de materia orgánica pueden obtenerse buenos rendimientos de azafrán.

El terreno deberá presentar un relieve lo más plano posible y una orientación hacia el sur para obtener el máximo beneficio de la radiación solar. Sería aconsejable, además, que el emplazamiento del terreno destinado al cultivo de azafrán se hallara en lo posible al abrigo de los vientos ya se incrementa la ETP del cultivo.

No se debe cultivar en suelos de pendientes pronunciadas por los fenómenos erosivos que en ellos se pueden dar. Además, es conveniente que en los tres años precedentes a la plantación de azafrán los terrenos de cultivo no hayan estado ocupados por cultivos como alfalfa, remolacha, patata, zanahoria, trébol, nabo y otras plantas de especies afines, sometidas a padecer enfermedades que resultan comunes al azafrán.

3.4. Labores del cultivo

Si se trata de un suelo que no haya soportado cultivo alguno con anterioridad es aconsejable efectuar una zanja superficial de 10-12 cm de profundidad entre diciembre y febrero cuya finalidad es preparar el suelo antes de realizar la labor principal o arada profunda.

Los objetivos perseguidos con esta labor, son los de romper la costra superficial u horizonte endurecido que suelen presentar estos suelos, erradicando el material vegetal que sirve de cobertura a los mismos, troceando este material para incorporarlo posteriormente al suelo como materia orgánica. Simultáneamente a esta labor, si el suelo es pedregoso, se impone la necesidad de despedregarlo.

Con posterioridad a esta operación de limpieza será preciso incorporar al suelo el material vegetal acumulado, que no es aconsejable enterrar a una profundidad superior a 12 cm.

La labor principal debe ser llevada a cabo correctamente pues puede significar, si no se hace bien, una merma del 10% de la cosecha. La operación consiste en una aradura profunda, entre 35-40 cm, siempre en función de las propiedades de que se halle dotado el suelo para la retención de agua. Una de las finalidades de esta labor es la de preservar al suelo contra la erosión causada por agentes atmosféricos. Otra finalidad consiste en mullir la tierra favoreciendo con ello la infiltración del agua y contribuyendo con ello a incrementar las reservas del suelo; esto coadyuvará a evitar, llegado el período de sequía, la formación de concentraciones más o menos densas de sales, perjudiciales para el azafrán. Conseguiremos asimismo mantener aireado el suelo.

Esta labor principal se suele llevar a cabo en marzo o abril para recoger las lluvias propias de estos meses, pero se ejecuta igualmente en mayo o junio, precediendo a la plantación de los bulbos y siempre que el suelo presente las condiciones necesarias para recibirla.

Tradicionalmente esta labor se realiza con arado de vertedera. En suelos calizos este deberá ir provisto de una reja de formón, que facilite el corte de la tierra en mejores condiciones.

Una vez efectuada la plantación de los bulbos, aproximadamente un mes después, es conveniente dar una zanja de 10-12 cm de profundidad si se observa que el terreno denota la presencia de malas hierbas como resultado de la remoción de la tierra al ejecutar la plantación. Efectuarla con tacto para no dañar los bulbos.

En septiembre se debe aplicar por segunda vez una labranza superficial entre surcos con la finalidad de quebrar la costra superficial que se forma a la salida del verano, mullir y airear el mismo y eliminar las malas hierbas.

En octubre unos días antes de la floración, es aconsejable dar una ligera zanja para mullir la costra de la superficie y permitir la floración de la planta sin problemas. Diez o doce días después de la recolección de la flor del primer año, en octubre o noviembre según regiones, es conveniente llevar a cabo otra cava superficial, entre surcos, con idéntica finalidad que las anteriores.

En marzo o abril una vez transcurrido el período de heladas, se siega el espartillo, que se aprovecha como forraje para el ganado.

En mayo se hace necesario cavar, distribuyendo y enterrando el abono que haya de aportarse al suelo, se debe repetir la labranza en junio. Es conveniente mantener el suelo en todo momento libre de vegetación adventicia.

Durante los meses de verano se efectúan binas muy superficiales tendentes a evitar costras en la superficie del suelo.

En septiembre se aplica otra ligerísima cava para facilitar, como el primer año, una eficiente floración de la planta, rastrillando y alisando el suelo en octubre.

Después de la recolección de la flor del segundo año, hay que repetir estas operaciones en el transcurso del tercer año. Llevada a cabo la recolección de la flor del tercer año es aconsejable levantar el azafranal, operación que acostumbra a ser efectuada en mayo o junio.

Puede prolongarse el cultivo un cuarto año, pero es preciso advertir que los rendimientos que se obtienen son tan exiguos que en ninguna circunstancia compensan las labores que es preciso aplicar al terreno para obtenerlos.

Lo bulbos que se cosechan deben ser cuidadosamente limpiados, retirando la tierra y otros restos vegetales que a ellos se encuentran adheridos, seleccionando y conservando aquellos que por su tamaño y calidad muestren mejores propiedades para una próxima plantación.

Para el almacenamiento de los bulbos se precisan locales ventilados, con una temperatura de 5 °C y una humedad relativa del 70-80%. No hay que amontonar éstos, sino extenderlos en capas de unos 20 cm.

Previamente a la plantación es recomendable someter los bulbos a un tratamiento con algún fungicida y mantenerlos durante una semana o más a una temperatura de 35 °C. este proceso suberiza las posibles heridas y ayuda a combatir, en otros bulbos, la infección de fusarium.

3.4.1. Plantación

El terreno debe estar perfectamente mullido, ligeramente húmedo, pero no mojado. La temperatura del suelo deberá ser cálida en el momento de llevar a cabo la plantación, con valores entre 25 y 35 °C.

La profundidad de la plantación tiene su importancia. Una variación de 5 cm en una zona expuesta a la acción de persistentes o rigurosas heladas puede influir en la fisiología del bulbo.

Se suelen plantar en surcos, con un clima sumamente seco como el que soportan las regiones en las que habitualmente tiene lugar el cultivo de azafrán, esta modalidad permite un mejor aprovechamiento de la humedad.

La separación entre surcos suele oscilar entre 25 y 30 cm de forma que quede espacio suficiente entre ambos para asentar bien los pies y permitir las labores propias del cultivo.

La profundidad del marco suele ser del orden de 12 a 15 cm conforme a condiciones de clima y suelo de cada zona. La separación entre bulbos viene a ser de unos 10 cm con dos hileras por surco, separadas entre sí por unos 8-10 cm.

La operación de siembra se realiza manualmente. Se pueden cifrar unos 30 bulbos por metro cuadrado lo que nos daría una densidad de plantación de unos 300000 bulbos por ha, con un peso aproximado de 4500 a 6000 kg en función del tamaño y peso de los mismos.

La época para realizar la plantación varía según las zonas climáticas, pero de modo general los meses más favorables son los de mayo y junio, ya que es en el transcurso de esos meses cuando las condiciones de suelo y clima muestran valores más óptimos para llevarla a cabo.

3.4.2. Abonado

Resulta aconsejable la incorporación de estiércol al suelo con tres meses de antelación, como mínimo, a las fechas en que se tenga previsto efectuar la plantación de bulbos. Su distribución será uniforme sobre el terreno (esto último es muy importante pues repercute directamente en el rendimiento final del cultivo).

Todas las evidencias indican que el azafrán se caracteriza por unas reducidas necesidades de abonado, fundamentadas en el hecho de que su bulbo se halla genéticamente muy bien dotado de elementos de reserva y equilibrado de sustancias activas. Las cantidades de estiércol a aplicar serán de 12000 a 20000 kg/ha. Aplicables como mínimo tres meses antes de la plantación de los bulbos.

N. De 40 a 50 kg/ha en forma de sulfato amónico.

P. De 80 a 100 kg/ha en forma de superfosfato de cal.

K. De 100 a 120 kg/ha en forma de sulfato de potasa.

Estas dosis son las establecidas para el primero y segundo año de cultivo. En el primer año deben aplicarse 20 o 30 días antes de la plantación de los bulbos. En el segundo año deben aplicarse, según mes de floración y régimen de lluvias, en septiembre u octubre, unos 20-30 días antes de la previsible aparición de la flor.

El tercer año de cultivo, puede o no aplicarse abonado. Una gran mayoría de agricultores no lo lleva a cabo. Si se realiza, tanto las dosis como la época de abonado son las mismas que para el segundo año.

3.4.3. Riego

El azafrán es una planta con unas exigencias limitadas de agua. Se trata de un vegetal perfectamente adaptado, desde hace siglos, a climas secos, rozando en ocasiones situaciones límites, que depende, casi exclusivamente, del agua procedente de las precipitaciones.

La gran riqueza en materias de reserva de que se halla dotado genéticamente el bulbo, la escasa superficie de sus hojas y las especiales condiciones en que la planta lleva cabo el proceso de fotosíntesis, unido al carácter de los suelos en que se desarrolla habitualmente el cultivo del azafrán, con predominio de materiales calizos y arcillosos, con una capacidad de retención de humedad de 2 a 3 mm/cm de profundidad y una permeabilidad de 6 a 9 mm/hora, determina que un régimen de precipitaciones producido en circunstancias consideradas normales, sin espacios de tiempo de sequías prolongadas, resulte suficiente para abastecer los requerimientos de agua de la planta.

Existen, sin embargo, períodos críticos en que el azafrán se halla sometido o bajo la influencia de circunstancias muy especiales, se hace precisa la aplicación de riegos, mediante cuba o cualquier otro sistema.

Los riegos deberán ser copiosos, pero sin producir encharcamiento, y su aplicación es aconsejable efectuarla a últimos de marzo, primeros de abril (en Bolivia sería últimos de septiembre y primeros de octubre), últimos de agosto, primeros de septiembre y mediados de octubre (en Bolivia últimos de febrero, primeros de marzo y mediados de septiembre), previamente a presentarse la floración.

Se recomienda llevar a cabo los mismos a primeras horas de la mañana o a últimas horas de la tarde, con cuya medida contribuiremos a evitar pérdidas innecesarias de agua por evapotranspiración como consecuencia de la influencia de la temperatura y la acción solar.

Se debe de observar la temperatura del agua, evitando regar directamente con aguas procedentes de pozos al ser estas frías y con frecuencia duras. Es más conveniente trasvasar esta agua a una balsa y cuando ha alcanzado la temperatura ambiente utilizarla para el riego. Del mismo modo se debe cuidar la calidad del agua, limpias de vertidos de detergentes y otras impurezas procedentes de los núcleos urbanos cercanos a los campos de cultivo.

3.4.4. Monda de la rosa

Se le conoce también con el nombre de “desbrizne”, “desguince”, etc., en distintas regiones, que consiste en la separación de los estigmas del resto de la flor.

Para ello se coge la flor con la mano izquierda, y con la uña de su dedo pulgar se corta el “tubo” o “rabillo” de la misma por debajo de la inserción de los estigmas, cogiendo éstos con los dedos de la mano derecha.

No se cortarán los estigmas demasiado altos, ya que se separarían los tres, ni demasiado bajos, porque quedaría unido a ellos una parte que afea el azafrán (llamados “pajitos” y que son amarillos), sin que, por otra parte, aumente el peso del mismo.

3.4.5. Tueste o secado de los estigmas

Para esta operación los estigmas sacados se colocarán, en capas de unos 2 cm, en cedazos de tela metálica fina o tela de seda, poniéndolo sobre una estufa caliente, braseros, brasas de fuego o rústicos fuegos caseros.

El calor será suave, para que el azafrán no pierda su aroma y quede bien seco. La temperatura será de unos 35 °C, de forma que los estigmas se tuesten, pero no se quemem ni se disgreguen. Esta es otra de las premisas esenciales para una buena comercialización del azafrán, que los estigmas se hallen unidos; ello reduce al mismo tiempo las posibilidades para la falsificación del producto.

El punto óptimo de tueste el aquel en que los estigmas, sin quemarse, hayan perdido del 85 al 95% de humedad. La apreciación de este hecho es competencia de la persona encargada de la operación, que con su experiencia es la que decide el momento exacto en que estas condiciones se han conseguido.

Los signos externos más significativos se evidencian en el tamaño de los estigmas, que una vez tostados quedan reducidos a unos 2 cm de longitud; en el color que éstos adquieren, que de un rojo vivo e intenso pasan a un color rojo oscuro y opaco; en un aroma muy característico y en la ausencia total de humo.

Una vez seco queda reducido su peso en 4/5 partes, aproximadamente, por lo que 5 kg de azafrán verde dan 1 kg de tostado.

3.4.6. Conservación del azafrán

Son múltiples y variados los materiales y recipientes utilizados para la conservación casera del azafrán.

Algunas personas envuelven el producto recién tostado en talegos o pequeños saquitos de lana que guardan en cajas de madera o metal resistentes al óxido; otras lo llevan a cabo en frascos de vidrio opaco, con tapones parafinados, o en recipientes de barro: orzas, pequeñas tinajas, etc.; hay quienes envuelven el azafrán en tela negra –el color tiene su importancia por aquello de la luz- y lo conserva guardado durante años en arcones de madera o cajas forradas de cinc; todo ello encaminado a un mismo fin: preservar el azafrán de los efectos de la humedad y de la luz.

Estas representan las dos premisas fundamentales a observar para que el producto no pierda sus cualidades durante el tiempo que dure su conservación, en ocasiones traducida en muchos años, por lo cual resulta obligado que los recipientes o envases, además de reunir buenas condiciones de aislamiento que eviten la acción de esos dos elementos, sean colocados en lugares secos, en los cuales la luz no incida de forma directa.

Es sabido que la humedad afecta de manera muy directa al aroma del azafrán, en tanto que la luz actúa negativamente sobre el color del producto; dos cualidades que, resulta imprescindible conservar, no solamente con vistas a su consumo, sino en orden a alcanzar la calidad requerida de acuerdo a unas normas legales vigentes, en función de las cuales se establece la categoría y precio del producto.

Las condiciones mínimas para una buena conservación de los bulbos de azafrán, son: almacenar éstos, una vez seleccionados y limpios los más sanos, sin manchas violáceas ni heridas, en capas de 20 a 25 cm, en locales secos y aireados, con temperatura aproximada entre 5 y 8 °C y una humedad relativa del 65-75%.

3.5. Producción

La producción de un azafranal es muy variable, pues como se indicó al hablar de suelo y clima, son diversas las condiciones que influyen en su rendimiento final. No

obstante, conviene aclarar que las mejores producciones suele darlas al segundo año de implantación, seguido de la cosecha del tercer año.

A título orientativo se podría decir que una ha de cultivo suministra alrededor de 15 kg de estigmas secos el primer año, unos 30 kg el segundo y unos 20 kg el tercer año de vegetación. De estas cantidades la esencia representa de 0,3 a 2% del peso de estigmas. Las hojas secas de 500 a 700 kg/ha. Los bulbos de 10000 a 12000 kg/ha. La mano de obra precisa para la recolección de flores y separación de los estigmas se estima en unas 20 personas, durante unos dos meses.

Como es de suponer estos rendimientos son mayores en regadío que en secano, pudiéndose duplicar y hasta triplicar la cosecha según las zonas productoras.

La evolución del precio del azafrán percibido por el agricultor, salvo los últimos años, que muestran una tendencia regresiva, ha mostrado una evolución continua al alza. De este modo en el transcurso de medio siglo, comprendido entre 1930 y 1980 el precio del azafrán ha experimentado un aumento de 495 veces su valor inicial.

3.6. Plagas y enfermedades

3.6.1. Enfermedades

La más común de las enfermedades y con toda posibilidad la más nociva, es el “Mal vinoso”, provocada por un hongo del suelo conocido como *Rhizoctonia violacea* Tul. Este patógeno ataca al bulbo de azafrán provocando una sucesión de manchas purpúreas, violáceas o negruzcas que llegan a podrir el órgano. En el interior de éste se originan masas escleróticas blanquecinas en principio, salpicadas en un verdadero amasijo de puntos violáceos y rojizos; el bulbo va progresivamente ablandándose hasta descomponerse por completo. Los síntomas característicos de la enfermedad se manifiestan en el bulbo mediante la presencia en el exterior del mismo de una malla de filamentos violáceos, de color semejante al vino, de ahí su nombre, y la razón de

que a los bulbos afectados se les conozca como “Cebollas borrachas”. La malla filamentosa va deteriorando gradualmente las túnicas del órgano, penetrando en su interior y pudriendo totalmente el mismo. Una vez afectada, la muerte de la planta es cuestión de días.

Exteriormente la infección se detecta rápidamente, al evidenciarse la presencia de manchas amarillentas en los foliolos y producirse un debilitamiento progresivo de la vegetación que se torna rala y escasa. Basta tirar de una planta enferma para comprobar que ésta se arranca con facilidad, al desprenderse el bulbo carcomido de la corona o cilindro central.

Tratamiento: en nuestros días no se ha logrado conseguir un fungicida que resulte auténticamente eficaz para combatir el “Mal vinoso” del azafrán. Una de las razones pudiera hallarse en la profundidad que alcanzan las raíces de esta planta y las grandes profundidades a que suele sobrevivir el hongo, inaccesibles, frecuentemente al efecto de los productos fitosanitarios aplicados para la desinfección del suelo.

Una de las técnicas recomendadas por numerosos autores para controlar la actividad del hongo sería aquella que se refiere al tratamiento del suelo y de los bulbos por medio del empleo de vapor o agua caliente. Para aplicar este método de tratamiento resulta fundamental conocer el grado de temperatura que resulta letal para el hongo y puede ser, en cambio, tolerable por la planta. J.R. Christie, por ejemplo, aconseja someter los bulbos a un baño de 30 a 60 minutos de duración, sumergiéndolos en agua a una temperatura entre 46,6 °C y 48,9°C, e incluso recomienda agregar medio litro de formol comercial por cada 100 litros de agua.

Sin embargo, frente a la carencia de auténticos medios de lucha que garanticen la efectividad con *Rhizoctonia* en el cultivo del azafrán, solamente queda la facultad de adopción de medidas de carácter preventivo que contribuyan a limitar los riesgos de la presencia de la enfermedad en el cultivo, como pueden ser: la plantación de bulbos

sanos en terreno sano, es decir, suelos que no hayan soportado cultivos susceptibles de haber padecido la enfermedad como: alfalfa, zanahoria, remolacha, rábano, apio, espárrago, etc; el establecimiento de cultivos mejorantes rotativos una vez cumplido el ciclo del azafrán, como pueden ser cereales o leguminosas; la desinfección de suelos y bulbos mediante el empleo de productos adecuados a ese fin.

Ante la presencia de Rhizoctonia la primera medida que se impone es atajar con la mayor rapidez posible los focos de infección. Si se trata de plantas aisladas, arrancar estas y quemarlas. Si la enfermedad se ha propagado y a otras plantas, constituyendo rodales, cavar una zanja cuya profundidad resulte mayor al plano ocupado por los bulbos en torno al rodal, cuidando de ampliar el radio de dicha zanja en unos 25 ó 30 cm de anchura como margen de seguridad.

Sea cual fuere la fórmula empleada para destruir los restos vegetales infectados, se aconseja llevar a cabo la desinfección de todas las herramientas y utensilios utilizados en la labor antes de volver a emplearlos en el cultivo.

Con posterioridad a la quema resulta aconsejable desinfectar asimismo el suelo. Se recomienda para ello el empleo de sulfato de carbono, a razón de unos 20 kg/ha con cal viva, mezclando ésta con la tierra a razón de un tercio de cal por cada dos de tierra, o mediante tratamiento químico con PCNB, un fungicida que combate los hongos de suelo en dosis que abarcan, según el nivel más o menos avanzado de la infección, de 30 a 40 kg/ha.

Entre los productos que se recomiendan para combatir a Rhizoctonia destacan el PCNB con carácter preventivo aplicado al bulbo o al suelo a razón de 80 kg/ha con antelación a la plantación. Otra aplicación del PCNB es como polvo mojable del 20% de riqueza aplicado directamente al terreno a razón de 40 kg/ha. Otros autores recomiendan una tercera posibilidad, PCNB diluido al 30% antes de la siembra (solución de producto comercial).

Otro producto utilizado es el Benomilo, tanto en preventivos como curativos. El baño de Benomilo resulta, de hecho, el modo de aplicación más eficaz para la prevención contra Rhizoctonia en bulbos de azafrán. Las dosis de empleo son 30 g/hl para bulbos en general.

Mancozeb ejerce su acción preventiva por contacto presentando además muy leve toxicidad.

Tiran (TNTD). Ejerce eficaz acción preventiva aplicado a la desinfección de suelos y bulbos. Para la conservación de los bulbos se espolvorean estos con el producto, o se sumergen en un caldo con una dosis de TNTD de 2,5 kg/hl de producto comercial.

Captan. Se emplea solo o asociado a otros fungicidas en el control preventivo de bulbos o de partes aéreas de la planta. La dosis recomendada para el tratamiento de los bulbos es de 1,5 kg/hl de producto comercial.

Metil-tiofanato. Fungicida sistémico, asociado a un fungicida de contacto como el Mancozeb aumenta sus propiedades preventivas y curativas.

Tiabendazol. Ejerce su acción protectora tanto en campo como el almacén. La aplicación a los bulbos se lleva a cabo bañando estos con anterioridad a la plantación, en una solución con una dosis de 200-225 cc/hl de producto comercial.

Otra enfermedad del azafrán es la llamada gangrena seca. Conocida también como podredumbre, caries, etc., se caracteriza por la destrucción de la médula o carne de la cebolla enferma, en donde aparecen al principio unas manchas pardo-negruczas que se agrandan poco a poco hasta afectar a toda la masa. Está producida por el hongo Sclerotinia bulborum.

En las plantas se observa una vegetación pobre, con la aparición de tallos erguidos, lo que se debe a que las hojas (espartillo) no se abren, por lo que el tallo no puede salir y en su crecimiento hace que la planta enferma sobresalga de las demás por la altura que alcanza.

La infección se debe al empleo de cebollas enfermas para efectuar la plantación. De esas cebollas pasa la infección a las próximas, que enferman también, extendiéndose el mal, finalmente, a amplias zonas del azafranal.

Como medios de lucha hay que evitar el uso de cebollas que tengan manchas del tipo de las indicadas y que son fáciles de ver. Cuando el mal aparezca en la plantación ya hecha, se arrancarán las plantas afectadas y las próximas a ellas, para quemarlas o destruirlas inmediatamente. En esos suelos no se pondrá azafranal durante algunos años.

La pudrición del bulbo es causada por *Phoma crocophyla*, un hongo parásito al que se encuentra expuesto el azafrán.

La enfermedad comienza manifestándose con la aparición de manchas claras, de tonalidades pardas, en la superficie del bulbo. Posteriormente, de forma gradual, van apareciendo, primeramente, en el centro y a continuación extendiéndose a toda la mancha, unos puntos negros. Se trata de los picnidios u órganos reproductivos del hongo. Progresivamente, el parásito va perforando lentamente los tejidos del bulbo hasta consumir la base de éste y alcanzar su centro. Al final del proceso no resta del bulbo más que una especie del polvo negruzco.

Este parásito, que sobrevive en los restos de plantas enfermas, permanece por lo general por espacio de tres años sobre el mismo terreno y se caracteriza por la facilidad con que se propaga al ser arrastradas sus esporas a otros cultivos a través del agua de lluvia o de riego, e incluso transportadas adheridas a las herramientas utilizadas por el agricultor en las labores propias del cultivo.

No se conoce ningún tratamiento específico para combatir este parásito. Como medida preventiva se aconseja seguir los mismos métodos y aplicar las mismas técnicas empleadas para la lucha contra Rhizoctonia.

Penicillium ciclopium westline puede atacar a los bulbos determinando en los mismos una podredumbre de color violáceo – negrozco. Los ataques de esta micosis se ven favorecidos por la presencia de un ambiente cálido y húmedo y por lesiones en las envolturas del bulbo. El único sistema de lucha es la prevención, llevada a cabo sumergiendo el material de propagación en una solución acuosa de sustancias mercurio – orgánicas o de oxiquinolinas oftalimidicas.

Otra infección de hongos puede ser provocada por el Fusarium sp. se manifiesta con desarrollo anormal de las hojas acompañado de clorosis. En cambio, en la base del bulbo se asiste a una degeneración de las células con pérdida de las reservas nutritivas necesarias para la floración de la planta. De este modo, se dan descensos de producción que en los casos más graves pueden ser incluso del 30%.

3.6.2. Plagas

Topos o “ratillas de campo”. Están considerados como uno de los mayores enemigos del azafranal, ya que, debido a su vida casi subterránea, cavan largas galerías en todas direcciones, alimentándose de las cebollas, a las que devoran con gran avidez.

Los daños, por tanto, son numerosos, ya que dejan trozos desprovistos de vegetación, por haber sido comida la semilla.

La existencia de topos o ratillas en cualquier azafranal es fácil de apreciar, pues se verán montoncillos de tierra en las bocas de las galerías que estos roedores hacen.

Medios de lucha. Colocación de cepos en las bocas de las madrigueras o excavación de galerías hasta dar con los topos; empleo de gases producidos por azufre quemado (anhídrido sulfuroso), para lo cual se utilizan unos fuelles de mano, a los que se echa paja, y una vez encendida se añade el azufre, con lo que se desprenden humos que salen por el caño de los fuelles y, acercándose a la boca de la galería, pasan al interior de la misma, asfixiando a los topos. Conviene tapar las demás bocas, ya que se escaparía el humo por cualquiera de ellas.

Empleo de cartuchos matatopos, que al quemarlos en la boca de la galería desprenden gran cantidad de humos asfixiantes, que provocarían la muerte de los topos.

Colocación de granos de uva con veneno dentro, en las bocas, para que durante la noche los coman y mueran.

También pueden emplearse cebos tóxicos a base de estricnina o anhídrido arsénico, mezclados con avena machacada, trigo blando o alfalfa picada; no obstante, la preparación de esos cebos puede ser peligrosa, dada su alta toxicidad, por lo que no se dan mezclas de los mismos.

3.6.3. Control de malezas

Resultaría difícil cuantificar las pérdidas ocasionadas por las malezas en un cultivo de azafrán; si bien el clima mediterráneo es exuberante en cuanto a la variedad de su flora, las especies y variedades de malas hierbas se reducen en este cultivo debido a la escasez de agua que soporta habitualmente y a los materiales propios de sus suelos, que limitan ostensiblemente la presencia de especies.

Las pérdidas de los rendimientos de azafrán por este concepto pueden representar, según zonas, climatología y cuidados culturales, desde un 5% a un 20% en campos no sometidos a escardas periódicas necesarias durante el ciclo de cultivo.

Las malas hierbas no solamente reducen el rendimiento del cultivo, al cual sustraen radiación solar, humedad y nutrientes; reducen asimismo la calidad del producto y se constituyen al propio tiempo en huéspedes de enfermedades de la planta al poseer algunas de estas hierbas adventicias, tubérculos y rizomas en cierto modo afines al bulbo de azafrán.

No es de extrañar por ello que los agricultores dediquen a la erradicación y control de malezas entre el 50 y el 60% del insumo de mano de obra.

El control químico de vegetación adventicia en el azafrán puede llevarse a cabo por medio de la aplicación de dos productos preferentemente:

a) Dicuat: un herbicida de contacto que se ha manifestado muy efectivo en el control de malas hierbas de hojas estrecha; es inactivado por el suelo. Se recomienda una dosis de 2-4 l/ha de producto comercial, según densidad y desarrollo de la vegetación.

b) Paracuat: otro herbicida de contacto caracterizado por su efecto de choque, cuya única precaución consiste en no rociar la vegetación adventicia cuando ésta se halle mojada por efecto de agua o rocío. Se aplica en post – emergencia de las malas hierbas en dosis de 2-4 l/ha de producto comercial.

Las fechas más recomendables para la aplicación de estos herbicidas son de junio a agosto, cuando el azafrán se encuentra en período de reposo vegetativo, procurando no llevar a cabo la operación en días excesivamente calurosos.

3.7. Recolección

Se efectúa a partir de mediados de octubre, aunque depende del clima, ya que, debido a humedades y temperaturas durante esas épocas, puede adelantarse o retrasarse.

El azafranal puede presentar una intensa floración, a lo que se llama días de “manto”, y que dura unos dos a seis días, empezando a disminuir sucesivamente hasta terminar dicho período de floración. Normalmente, la floración de un azafranal puede durar veinte días.

La recogida hay que hacerla diariamente, antes de que el sol caliente; por tanto, en las primeras horas de la mañana, con lo que se evitará el que las flores se marchiten, ya que dificultará su recolección y monda.

Durante los días de “manto” es conveniente seguir la recolección aun después de la hora normal, ya que la flor será retirada del terreno totalmente, pues si se dejara se abriría mucho, con lo que se dificulta más su recogida. En días nublados favorables para la brotación de la rosa se puede prolongar también dicha recogida hasta que el sol caliente algo la atmósfera.

Para recoger la rosa, se hará una por una y por debajo de la inserción de los estigmas, empleando la uña del dedo pulgar apoyado sobre el índice. Una vez cortadas se echarán en cestas de esparto o mimbre, tratando de que las flores se compriman lo menos posible. Trasladada la flora a la casa o almacén, se procederá a su monda, o en caso de retrasarse unas horas, nunca se amontonarán las flores, pues se calentarían y perderían calidad, lo que perjudicaría al azafrán. La flor puede extenderse en capas, no muy gruesas, sobre sacos, lonas o suelo firme.

3.8. Principios activos

La planta de azafrán se halla constituida químicamente por una serie de sustancias activas y elementos biogénicos indispensables para la vida del vegetal, los cuales, una vez cumplida su función en el metabolismo de la planta, desempeñan otra misión de suma importancia, cual es aquella de ejercer su acción en el organismo humano.

Las sustancias activas presentes en el vegetal pueden ser utilizadas con los mismos fines bajo dos formas de actuación:

a) como medicamento administrado por la medicina legal, después de haber sido sometidas las sustancias a laboriosos y complejos procesos de síntesis y reacciones químicas.

b) como remedio natural. Las sustancias no se hallan por lo general en estado puro en la planta, por cuyo motivo ejercen un efecto beneficioso sobre el organismo al hallarse desprovistas de compuestos habitualmente adicionados a ella durante el proceso de síntesis químicas. Es lo se define como fitoterapia (medicina natural).

El azafrán contiene una materia colorante llamada crocina, de naturaleza glucosídica, que se hidroliza por acción ácida dando crocetina y glucosa. También contiene aceite esencial; un glúcido amargo, picrocrocina; un glucósido complejo, picrocrocetina; grasas, mucílagos, cera, materias minerales, azúcar, proteínas, etc.

La esencia es un líquido incoloro, que confiere a la droga el olor característico. Su principal componente es el safranal. Según autores (Alvarez 2013), el safranal constituye hasta el 72% de la fracción volátil.

El azafrán contiene igualmente riboflavina (vitamina B) sustancia conocida originariamente como lactoflavina.

Se encuentran también ciertos terpenos, hidrocarburos cuya mezcla con sus derivados proporciona la mayoría de los aceites esenciales presentes en la planta, en una proporción que oscila del 8 al 13%.

También contiene almidón, sustancia hidrocarbonada, insoluble en agua fría, que posee la propiedad de formar engrudos al entrar en contacto con el agua caliente.

La safranina y el cínfelo se hallan también presentes en la droga. El azafrán contiene, según diversos autores, un 10-12% de agua y un 6-9% de cenizas.

Las investigaciones actuales continúan desgranando los secretos del azafrán y aún se siguen descubriendo nuevos precursores glicosídicos del aroma. (Serra, 1987).

3.9. Propiedades y usos

Como planta medicinal al azafrán se atribuyen propiedades terapéuticas muy variadas, si bien el empleo actual en este campo es prácticamente nulo si exceptuamos la homeopatía, en cuya disciplina continúa administrándose para combatir la tos con expectoración, en menstruaciones de la mujer con coágulos y en algunas otras dolencias esporádicamente.

Entre las cualidades que se confieren a la droga pueden citarse: tónico: estimula el apetito; eupéctico: favorece la digestión; sedante: combate la tos y la bronquitis; mitiga los cólicos y el insomnio, calma el desasosiego infantil en los problemas de la dentición frotando las encías con infusión; buen coadyuvante de los partos difíciles, contribuye a remediar numerosos desarreglos de los ovarios; carminativo: favorece la expulsión de gases acumulados en el tubo digestivo; antiespasmódico, etc. Ingerido en dosis excesivas es abortivo.

Al margen de su cualidad medicinal el azafrán posee otras posibilidades con aplicaciones diversas.

La crocina es empleada como colorante en la industria cosmética y alimentaria. Debido al elevado precio del producto ha dejado de utilizarse en la industria textil y tintórea, así como en otras actividades. Los logros de la química han contribuido a prescindir del azafrán reduciendo su empleo, relegándolo a la industria alimentaria y al uso doméstico. La safranina, un compuesto aromático empleado igualmente como

colorante, tiene aún, según referencias, alguna aplicación en bioquímica y microbiología.

Es en el campo de la industria alimentaria donde en la actualidad resulta más pródigo su empleo. La industria láctea continúa haciendo uso del azafrán para dar color a quesos y mantequillas. La industria repostera de calidad lo aplica como colorante, aromatizante y para dar sabor. Pero donde el producto alcanza su máximo exponente es en la preparación de platos de cocina empleado como especia: asados de carne, pescados, sopas, mariscos, etc y sobre todo arroz, hasta el punto de que no se concibe una paella sin la presencia de azafrán, bien que en muchos países es suplantado por sucedáneos.

Según Abdullaev (1997), el azafrán también posee propiedades antitumorales lo que le confieren un futuro prometedor como alternativa a algunos tratamientos químicos de elevada agresividad que se utilizan para luchar contra determinados cánceres.

3.10. Composición nutricional del azafrán

Los valores nutricionales y los pesos que se expresan en el cuadro 1, estos se refieren a la parte comestible. A dosis muy altas el azafrán se considera dotado de propiedades abortivas. Un exceso puede causar locura y dolores terribles de cabeza, sin embargo, un poco es estimulante (dosis diaria máxima 1,5 g). Una dosis de 20 g ya puede producir intoxicación (Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida “Azafrán de la Mancha”, 2013).

Cuadro Nº 1 Valores nutricionales del azafrán

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g	Cucharada 0,7g Azafrán	Cucharada 2,1g Azafrán
Agua	g	11,90	0,08	0,25
Energía	Kcal	310	2	7
Proteínas	g	11,43	0,08	0,24
Lípidos totales	g	5,85	0,04	0,12
Carbohidratos	g	65,37	0,46	1,37
Fibra dietética total	g	3,9	0,0	0,1
Minerales	Unidad	Valor por 100 g	Cucharada 0,7g Azafrán	Cucharada 2,1g Azafrán
Calcio	mg	111	1	2
Hierro	mg	11,10	0,08	0,23
Magnesio	mg	264	2	6
Fosforo	mg	252	2	5
Potasio	mg	1724	12	36
Sodio	mg	148	1	3
Zinc	mg	1,09	0,01	0,02
Lípidos	Unidad	Valor por 100 g	Cucharada 0,7g Azafrán	Cucharada 2,1g Azafrán
Ác. Grasos saturados totales	g	1,586	0,011	0,033
Ác. Grasos monoinsaturados totales	g	0,429	0,003	0,009
Ác. Grasos polinsaturados totales	mg	2,067	0,014	0,043
Colesterol	mg	-	-	-
Vitaminas	Unidad	Valor por 100 g	Cucharada 0,7g Azafrán	Cucharada 2,1g Azafrán
Vitamina C, Ác. Ascórbico total	mg	80,8	0,6	1,7
Tiamina	mg	0,115	0,001	0,002
Riboflavina	mg	0,267	0,002	0,006
Niacina	mg	1,460	0,010	0,031
Vitamina B-6	mg	1,010	0,007	0,021
Ác. Fólico	µg	93	1	2
Vitamina B-12	µg	0,00	0,00	0,00
Vitamina A, RAE	µg	27	0	1
Vitamina A, IU	IU	530	4	11
Vitamina D (D2+D3)	µg	-	-	-
Vitamina D	IU	-	-	-

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Uno de los compuestos característicos del azafrán es la crocina. Se trata de un carotenoide es el principal responsable del color anaranjado del azafrán. Es exclusivo del azafrán se forma a partir de otro flavonoide (caroteno) llamado crocetina. Además de presentar propiedades coleréticas, estimula la fabricación de bilis en el hígado con el fin de mejorar la digestión (Garcia Pozuelo,1960).

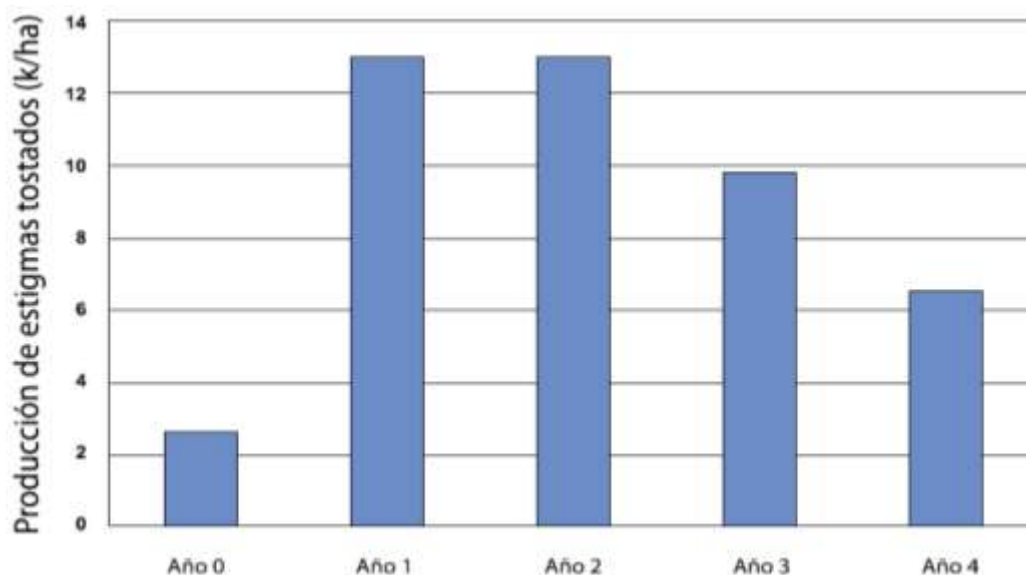
3.11. El comercio exterior del azafrán

3.11.1. Situación mundial

Son las estadísticas de exportación de España las que proporcionan una idea más exacta de las dimensiones del mercado internacional del azafrán.

Durante la década de los 90 los principales países productores de azafrán serían España, Irán, Grecia, Marruecos e India. Ello determina que además de las cantidades exportadas desde España podrían existir en el mercado internacional unos 20 T de azafrán que entrarían en competencia directa con el azafrán español en base sobre todo a su menor precio.

Gráfico N° 1 Rendimiento de estigmas tostados en Europa



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

3.11.2. La exportación desde España

Alrededor del 40-50% del volumen del comercio mundial corresponde a las cantidades exportadas por España. Exportación de azafrán que hace cerca de 100 años ascendía a un valor muy próximo al de las naranjas según datos de la Dirección General de Aduanas y por unas cantidades que oscilaban alrededor de los 80000 kg. Exportación que a principios del siglo XX representaba cerca del 80% de la producción y que era enviada a países tan lejanos como la India o Rusia.

Del total exportado desde España alrededor del 70-75% corresponde a azafrán en hebra siendo el resto azafrán molido (producto obtenido por molturación de los estigmas unidos o no al estilo). El valor medio del kg de azafrán exportado considerando precios FOB ha oscilado entre las 8.500 ptas/kg y las 105.000 ptas/kg. Las exportaciones españolas se dirigen a más de 50 países diferentes distribuidos en los cinco continentes.

Las exportaciones con destino a los países del Golfo Pérsico significan entre el 40-50% en peso del total exportado en hebra (algo menos si es en valor). El segundo gran destino de azafrán en hebra son EEUU y Canadá que representan en conjunto el 20-25% del total sea en peso o en valor. A la UE-12 se exportó entre un 10-13% en peso y a los países del ASPAC se envía entre un 10-12% del azafrán de hebra.

Las exportaciones españolas de azafrán molido se concentran en los países europeos ya que entre la UE-12 y los países de la EFTA representan más del 90% en peso. Dentro de ellos destaca Suiza, Suecia e Italia que significan en conjunto entre el 60-70% en peso y predominando en sus envíos la denominación Mancha.

El sector exportador de azafrán está constituido por empresas pequeñas, de carácter familiar, con escaso nivel tecnológico, con escaso desarrollo en las formas de presentación y envasado, tradicionalmente exportadoras que suelen enviar casi exclusivamente esta especia, son conocedoras de los canales de compra y de

distribución. El sector exportador de azafrán presenta un elevado grado de concentración empresarial y cierta concentración geográfica con reducido peso de la zona productora. A pesar de ello, la competencia en mercados exteriores es a veces excesiva. Competencia que suele ser vía precios en detrimento de la calidad y favorecido por la ignorancia del consumidor.

3.11.3. La importación en España

Las importaciones de azafrán han sido nulas o simbólicas hasta 1988, adquiriendo a partir de 1989 valores cada vez más significativos hasta alcanzar los 900 millones en 1994 importaciones causadas por el diferencial de precio entre el azafrán español y el de otros orígenes, así como por la disminución de la producción española.

Importaciones que provienen básicamente de Irán y Grecia con cantidades testimoniales de Marruecos e India. Estas importaciones en el caso iraní tienen un precio medio de aproximadamente la mitad del azafrán español.

El aumento de las importaciones ha determinado que la tasa de cobertura de las exportaciones por las importaciones haya pasado, en valor, del 13% en 1990 al 42% en 1994. Esta evolución pone en peligro la producción nacional y puede llegar a significar una pérdida de identidad del azafrán español como consecuencia de la libre circulación de mercancías en la UE-15 y de la ausencia de normativa sobre la calidad del azafrán en la mayoría de los países europeos.

3.12. El futuro del azafrán

El azafrán es una especia o producto líder no sólo por su intrínseco valor económico sino también por su enorme significación cultural, gastronómica e incluso religiosa en muy diversos países.

Es una especia cuyo cultivo, recolección, monda, secado y envasado ha evolucionado muy escasamente requiriendo mano de obra para realizar las distintas fases, condicionando su precio final y causando unas diferencias competitivas por el coste de esta mano de obra. Ello, sobre todo, desde 1988 ha cuestionado la posición de liderazgo mundial de España como principal país productor y exportador. Posicionamiento alcanzado en base a la calidad del azafrán español.; siendo conocidas sus denominaciones en el mundo entero y constituyendo un patrimonio de indudable valor.

Frente a este estancamiento en las labores de producción y comercialización, la normalización de la calidad del azafrán ha avanzado en la cuantificación de determinados parámetros por métodos espectrofotométricos e incluso cromatográficos. La valoración instrumental de la calidad de azafrán ha avanzado en los últimos años intentando evitar la evaluación subjetiva de las características organolépticas que permitía tradicionalmente diferencia los azafranes no sólo por su país de origen, sino incluso por la localidad geográfica en que había sido cosechado.

El azafrán español debe plantearse una estrategia de cambio para continuar siendo competitivo en base a una adecuada relación calidad-precio. Posee la mejor calidad conocida y reconocida de azafrán a nivel internacional, aunque haya sido desde siempre objeto de mezclas, adulteraciones y falsificaciones, pero su precio es más elevado por el mayor coste de la mano de obra en nuestro país que en los competidores.

La estrategia de futuro debe basarse, por un lado, en destacar aquellos elementos diferenciadores del azafrán español y por otro, en la reducción de los costos de cultivo y de manipulación, manteniendo y mejorando el cultivo y la rentabilidad del agricultor.

Para destacar aquellos elementos diferenciadores del azafrán español, y a tenor de la evolución de la normativa, parece razonable avanzar en la valoración de las

características físicas (longitud de la hebra, del estigma y del estilo), así como en la valoración de las características químicas que definen las calidades del azafrán. La picrocrocina, la crocina y el safranal son los tres pigmentos que caracterizan básicamente el color y el aroma del azafrán. Los tres pigmentos son cuantificados en la ISO 3632 de diciembre de 1993 para diferenciar calidades mediante espectrofotometría UV-VIS de una solución acuosa.

Estudios recientes contribuyen a diferenciar el azafrán español de otros orígenes mediante una cuantificación analítica más exacta de los pigmentos característicos del azafrán.

3.13.1. Abono de estiércol de equino

El estiércol de equino conviene particularmente a los terrenos fríos y pegajosos. Es menos útil a los suelos ligeros y arenosos. Este estiércol es muy pobre en nitrógeno, pero entra muy fácilmente en fermentación. El abonado es un gran acondicionador del suelo que añade materia orgánica, mejora la estructura del suelo, desagüe y la retención de agua, el abono provee nutrientes para fertilizar el crecimiento de la planta, el abonado reduce el riesgo de contaminar el agua superficial y el agua subterránea, el abonado reduce los malos olores, el abonado hace que tu propiedad sea más deseable. (Castellanos R. 1982).

3.13.1. Nutrientes del estiércol de equino

Entre la amplia variedad de micronutrientes que puede tener el estiércol de equino tenemos a los macronutrientes en los siguientes porcentajes promedio: nitrógeno: 0,6%, fósforo: 0,3%, potasio: 0,4%, más toda la gama de oligoelementos.

3.13.2. Características de abonos orgánicos de origen animal en g/kg

Cuadro Nº 2 Características de abonos orgánicos de origen animal en g/kg

De acuerdo al autor Castellanos, el abono de burro presenta las siguientes características

	Materia seca	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio
Abono de vaca	32	7	6	8	4
Abono de oveja	35	14	5	12	3
Abono de burro	35	6	6,3	6,3	4
Abono de cerdo	25	5	3	5	1,3
Gallinaza	28	15	16	9	4,5

Fuente: Castellanos R. (1982).

3.14. Carbón vegetal

Restrepo (2007), menciona que el carbón mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo “esponja sólida”, el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de estos en la tierra.

Por otro lado, las partículas de carbón permiten una buena oxigenación del abono, de manera que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación, otra propiedad que posee este elemento es la de funcionar como un regulador térmico del sistema radicular de las plantas, haciéndolas más resistentes contra las bajas temperaturas nocturnas que se registran en algunas regiones. Finalmente, la descomposición total de este material en la tierra dará como producto final humus. (Restrepo, 2007).

- **Recomendaciones en el uso de carbón vegetal**

La uniformidad del tamaño de las partículas influenciará sobre la calidad del abono que se utilizará en el campo. Con base en la práctica se recomienda que las partículas o pedazos de carbón no sean muy grandes; las medidas son muy variadas y esto no se debe transformar en una limitante para dejar de elaborar el abono, las medidas desde medio a un centímetro y medio de largo por un centímetro y medio de diámetro constituyen el tamaño ideal aproximado. Cuando se desea trabajar con hortalizas en invernadero sobre el sistema de almácigos en bandejas, las partículas del carbón a utilizarse deben ser menores (semi-pulverizadas), pues ello facilita llenar las bandejas y permite sacar las plántulas sin estropear sus raíces, para luego trasplantarlas definitivamente al campo (Programa de ganado y tierra, 2016).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

La evaluación se llevó a cabo en la estación experimental Mollesnejta de la comunidad Combuyo perteneciente a la Cuarta Sección Municipal de Vinto, ubicado en la provincia Quillacollo del departamento de Cochabamba.

La ubicación geográfica del experimento está en la ladera de la Cordillera del Tunari a una altitud promedio de 2.500 m.s.n.m. Geográficamente entre las coordenadas 66°21,0839' al oeste del meridiano de Greenwich y 17°21,2274' de latitud sur.

Gráfico N° 2 Parcela experimental



Fuente: Google earth (2016).

En el gráfico N° 2, se puede observar claramente que la vegetación del lugar en este mes esta seca excepto por las especies arbóreas que se mantuvieron verdes gracias a sus raíces profundas que tienen mayor capacidad de absorber agua.

4.2. Características de la zona

4.2.1. Comportamiento pluvial

El comportamiento pluvial de la zona de estudio es la de zona semiárida; las precipitaciones anuales alcanzan promedios entre 400 a 700 mm/año.

4.2.2. Comportamiento térmico

El comportamiento térmico de la zona es característica de una zona semiárida, con amplias variaciones de temperatura entre día y noche, presenta una temperatura media anual de 18 °C, con mínimas de 8 °C y máximas de 28 °C.

4.2.3. Topografía y fisiografía

La topografía presente tiene pendiente aproximada de 5%, altitud promedio de 2756 msnm. Por su fisiografía se la clasifica como “montañas altas con disección moderada” (Ministerio de planificación de desarrollo).

4.2.4. Suelo

Con Suelo muy pedregoso, sumamente degradado y erosionado, mostrando cárcavas y deslizamientos causados por el sobre pastoreo. Presenta texturas de franca a franca-arcillosa, son suelos superficiales.

4.2.5. Vegetación

La vegetación de la primera zona se caracteriza por un estrato arbóreo xerofítico, con las siguientes especies: el molle (*Schinus molle*), Chirimolle (*Xanthozylum coco*), la Chacatea (*Dodonaea viscosa*), el k'inhi (*Acacia macracantha*), el aliso (*Alnus acuminata*), la kishuara (*Buddleja hypoleuca*) y la thola (*Baccharis dracunculifolia*).

Los principales cultivos a los que se dedican los agricultores del lugar, para generar ingresos son: lechuga (*Lactuca sativa*), repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), betarragas (*Beta vulgaris*), quirquiña (*Porophyllum ruderale*), cebolla (*Allium cepa*), cebollín (*Allium schoenoprasum*), papa (*Solanum tuberosum*) y producción de flores como el *lilium* (*Lilium candidum*), gladiolos (*Gladiolus* sp.) entre los más importantes.

4.3. Materiales

- **Material experimental**

- **Bulbos de azafrán**

Para el presente estudio se utilizó bulbos de azafrán de Francia. La cantidad empleada fueron 100 bulbos.

El documento de sanidad para su importación se presenta en anexos.

- **Abono fermentado de burro**

El abono empleado fue a base de estiércol de burro, este estiércol fue fermentado durante aproximadamente dos meses para evitar la transmisión de enfermedades y semillas de malezas.

- **Carbón vegetal**

El carbón vegetal empleado es elaborado en fogón y en mayor cantidad en carbonera, para su enfriamiento se hecha orina humana que es colectada en bidones, esta forma de enfriamiento permite que la elevada cantidad de fosfatos y urea disueltos en la orina se retenga en la estructura porosa del carbón.

Respecto a la orina de los seres humanos, la orina normal suele ser un líquido transparente o amarillento. Se eliminan aproximadamente 1,4 L de orina al día. La orina normal contiene un 95 % de agua, un 2 % de sales minerales y 3 % de urea y ácido úrico, y aproximadamente 20 g de urea por L.

Cerca de la mitad de los sólidos son urea, el principal producto de degradación del metabolismo de las proteínas. El resto de los sólidos incluyen nitrógeno, cloruros, cetosteroides, fósforo, amonio, creatinina y ácido úrico.

En el cuadro 3 se da a conocer la composición de la orina.

Cuadro N° 3 Composición de la orina en g/100 ml de fluido:

Compuesto	Cantidad en g/100 ml
Urea	2,0
Ácido úrico	0,05
Sales inorgánicas	1,50

Fuente: Finck (1988).

4.4. Metodología

La metodología de investigación tuvo 3 etapas, la primera es planificación, la segunda siendo la ejecución en campo que incluye el establecimiento del cultivo con sus respectivos tratamientos y la tercera etapa es la evaluación de datos en gabinete.

4.4.1. Procedimiento en campo

a) Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato, se procedió con herramientas manuales al removido de suelo a una profundidad de 0,3 m se extrajo toda la tierra a esa profundidad y se procedió a cernirla en malla que medía 0,02m debido a la presencia de piedras.

Después del cernido de la tierra se realizó la mezcla homogénea con los diferentes insumos (abono y carbón), una vez mezclados los diferentes sustratos fueron introducidos a las zanjas de donde fueron extraídos.

b) Siembra

Esta labor se la realizó después de la preparación del sustrato, antes de proceder a la siembra se introdujo una capa de 10 cm del sustrato preparado para que así el bulbo no sufra al enraizar. Seguidamente se efectuó la siembra a una profundidad de 20 cm con distanciamientos entre plantas de 10 cm. Después del

colocado de bulbos en sus lugares se procedió a taparlos con el sustrato preparado cuidando de no enterrar las hojas.

c) Riego

Se realizó 2 riegos, desde la siembra hasta que se observó la emergencia de los primeros brotes, en el cuadro 4 detallamos la cantidad regada y en qué periodos se realizó.

Cuadro N° 4 Cantidad de agua regada por fechas

Cantidad	Mes
10 litros por unidad experimental	8 de marzo de 2016 (día de siembra)
10 litros por unidad experimental	30 de Julio de 2016 (primeros brotes)

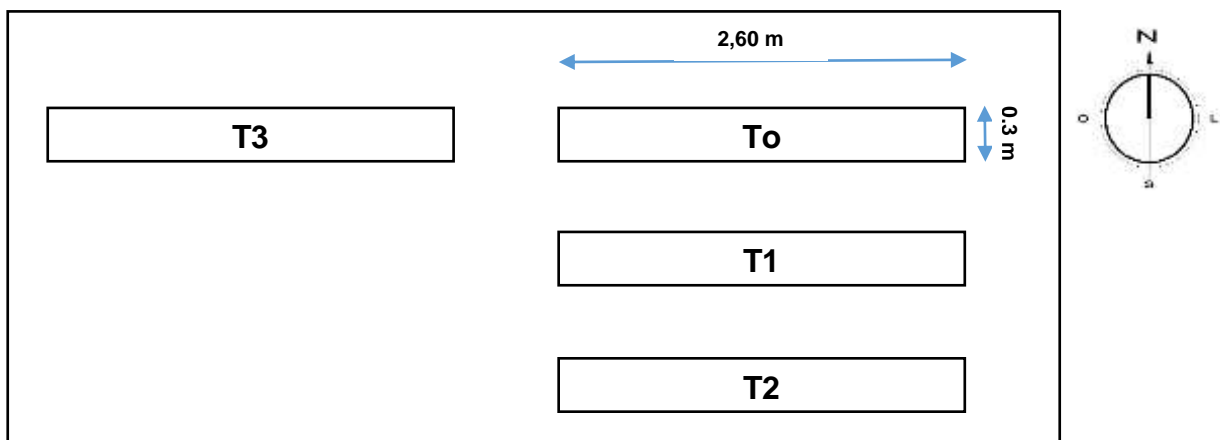
Fuente: Elaboración propia, 2016.

d) Control de malezas

El control de malezas se hizo con el objetivo de evitar que el cultivo sea perjudicado en su crecimiento por otras plantas que puedan competir por luz, debido a que por su morfología muy pequeña se ve afectada fácilmente por obstrucciones de luz solar. Se realizó un deshierbe 3 meses después de la siembra de los bulbos.

4.4.2. Procedimiento experimental

Gráfico N° 3 Croquis de la parcela



Fuente: Elaboración propia, 2016.

a) Tratamientos

La aplicación de los sustratos se realizó 2 días antes de la siembra, es decir en fecha 6 de marzo de 2016. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

T1 (carbón + abono de equino). Consiste en la aplicación de carbón y estiércol fermentado de burro, ambos mezclados en relación 1:1, la cantidad aplicada fue de 1 kg de carbón y 1 kg de estiércol fermentado por unidad experimental. Esta cantidad es igual a aplicar 12,5 T/ha de carbón y 12,5 T/ha de estiércol mezclados.

T2 (Aplicación de abono de equino). Consiste en la aplicación de estiércol fermentado de burro, la cantidad aplicada fue de 1 kg por unidad experimental, equivalente a 12,5 T/ha.

T3 (Aplicación de carbón). Consistió en la aplicación de carbón, el carbón es mezclado con la tierra del lugar, la cantidad aplicada fue de 1 kg por unidad experimental, equivalente a 12,5 T/ha.

To (Testigo). No se aplicó ningún tipo de fertilización.

Todos los sustratos se aplicaron a una profundidad de 0,3m.

b) Metodología estadística

El presente trabajo de investigación se realizó con un diseño completamente al azar. Se evaluó tres tipos de niveles de fertilización en el sustrato y un testigo.

El diseño experimental es una prueba basada en el análisis de varianza de tratamientos y de error, usado con el objetivo de determinar diferencias entre tratamientos.

c) Modelo lineal aditivo

$$Y_i = u + T_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Y_i = cualquier observación.

u = media poblacional.

T_i = efecto del i – ésimo tratamiento.

ε_i = error experimental.

d) Variables de respuesta

Para la evaluación de las variables de respuesta se marcaron al azar plantas que sirvieron de muestras, solo se tomaron en cuenta a las plantas que emergieron.

De acuerdo a los objetivos planteados, las variables de respuesta que se evaluaron fueron las siguientes:

- **Del cultivo**

a) Días a la emergencia

Para esta variable se contaron los días transcurridos desde la siembra de los bulbos hasta la emergencia de al menos el 50% del total de los bulbos sembrados.

b) Porcentaje de emergencia

Para esta variable se consideraron el número de plantas que emergiera en comparación al número total de bulbos sembrados.

c) Días a la floración

En cada unidad experimental se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la floración del 50% de 10 plantas seleccionadas.

d) Número de flores por plantas

Para esta variable se contaron el número de flores por planta después de la cosecha entre uno a dos días.

e) Altura de planta

La medición de altura de planta se realizó después del 50% de emergencia, considerando solo a las plantas seleccionadas como muestra que fueron 10 plantas. El periodo de medición fue desde la emergencia hasta la floración.

Con los datos obtenidos de la planta se determinó las características fenológicas del cultivo, considerando las siguientes fases: periodo de brotación, periodo de salida de hojas y periodo de floración.

- **Del suelo**

La evaluación del suelo se realizó con el objetivo de determinar que sustrato fue favorable para la adaptación del azafrán, también se conoció que características del suelo fueron desfavorables y no recomendables para su cultivo.

En el anexo 13 se presenta el informe del análisis físico-químico del suelo de los tratamientos del área de ensayo, tomada a una profundidad de 20cm, enviada al laboratorio de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS).

- **Del clima**

Dentro de la evaluación de la adaptabilidad del cultivo fue importante realizar la evaluación de algunos parámetros climáticos. Los parámetros climáticos evaluados fueron: precipitación pluvial, temperaturas máximas mínimas y promedio, fotoperiodo.

Los datos climáticos del lugar de ensayo fueron comparados con la del país de procedencia de los bulbos de azafrán.

Las temperaturas fueron obtenidas de un equipo Datalogger, y precipitación pluvial se las midió con un pluviómetro ubicado a 100 m de la parcela. La información de fotoperiodo fue obtenida de la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia. SENAMHI (2016). El cual se muestra en el anexo 14.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Condiciones climáticas

A continuación, se describirán las principales condiciones climáticas que se desarrollan en el lugar de experimentación.

5.1.1. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial registrada durante el ensayo (marzo a septiembre) fue de 115,6 mm, en el mes de marzo se registró mayor precipitación con 91,6 mm, y el mes sin precipitación fueron en los meses de mayo y junio, tal cual como se describe en el cuadro 5 detallando la cantidad de precipitación que se registró durante el experimento.

Cuadro N° 5 Precipitación total por mes en el lugar del experimento

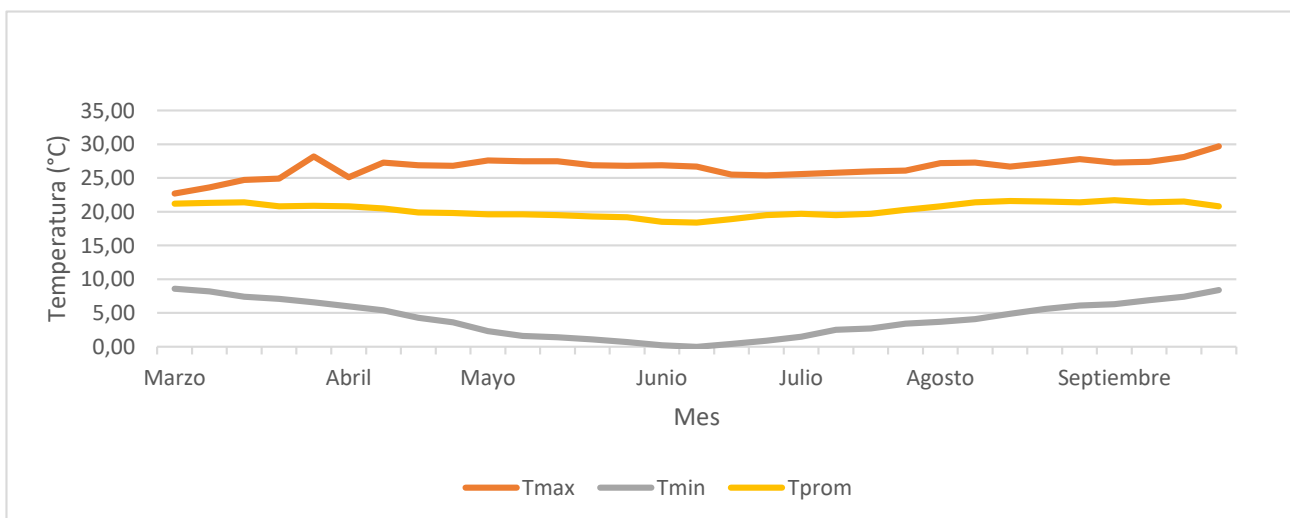
Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
91,6	8,8	0	0	10,1	4,1	1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.1.2. Temperatura

La temperatura media registrada durante el ciclo del cultivo fue de 20,3 °C, con mínimas de 0 °C y máximas de 29,7 °C tal como se muestra en la gráfica 2, según estos datos no existió limitaciones para un normal desarrollo de las plantas, ya que las temperaturas mínimas y máximas se encuentran dentro de los requerimientos necesarios para un buen desarrollo del azafrán, esta planta puede resistir temperaturas ambientales extremas de hasta 40 °C y -15 °C de acuerdo a lo indicado el libro “El azafrán en Europa”.

Gráfico N° 4 Temperaturas registradas en el predio del ensayo



Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.2. Análisis físico-químico de los sustratos

En el cuadro 6 se muestra el resultado del análisis físico-químico del suelo del área de ensayo al inicio del estudio, tomada a una profundidad de 20 cm.

Cuadro N° 6 Características físico-químicas de los sustratos

Parámetro	Unidad	Sustrato			
		Testigo	Con Abono	Con Carbón	Con Abono + Carbón
Arcilla	%	22	25	24	26
Limo	%	38	34	34	33
Arena	%	40	41	42	41
Textura		F	F	F	F
pH		5.50	5.66	6.70	5.97
Mat. Orgánica	%	4.37	4.11	5.20	5.81
Nitrógeno total	%	0.196	0.219	0.254	0.276
Fósforo disponible	ppm	38.5	79.9	49.9	93.4
Potasio	meq/100g	0.51	0.68	0.47	1.35

Fuente: Universidad Mayor de San Simón (2016).

La clase textural de todos los sustratos es franca, favorable para la mayoría de los cultivos y en el caso del azafrán también favorable ya que este cultivo prefiere suelos sueltos de buen drenaje, con texturas que van de franca a franca arenosas.

Los pH de los suelos evaluados van desde 5,5 a 6,7 es decir de medianamente ácido a ácido. Los contenidos de materia orgánica de altos a muy altos. Los contenidos de macronutrientes de los sustratos van de medios a altos.

5.3. Análisis de las variables del cultivo

5.3.1. Días a la emergencia

Cuadro N° 7 Análisis de varianza para la variable días a la emergencia

	GL	SC	CM	Pr > F	Significancia
Sustratos	3	1010,19	336,73	<0.0001	Significativo
Error	12	120,25	10,02		
Total	15	1130,44			

Coefficiente de variación = 1,96%.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el análisis de varianza para la variable días a la emergencia se encontró significancia, por tal razón se realizó la prueba de Tukey.

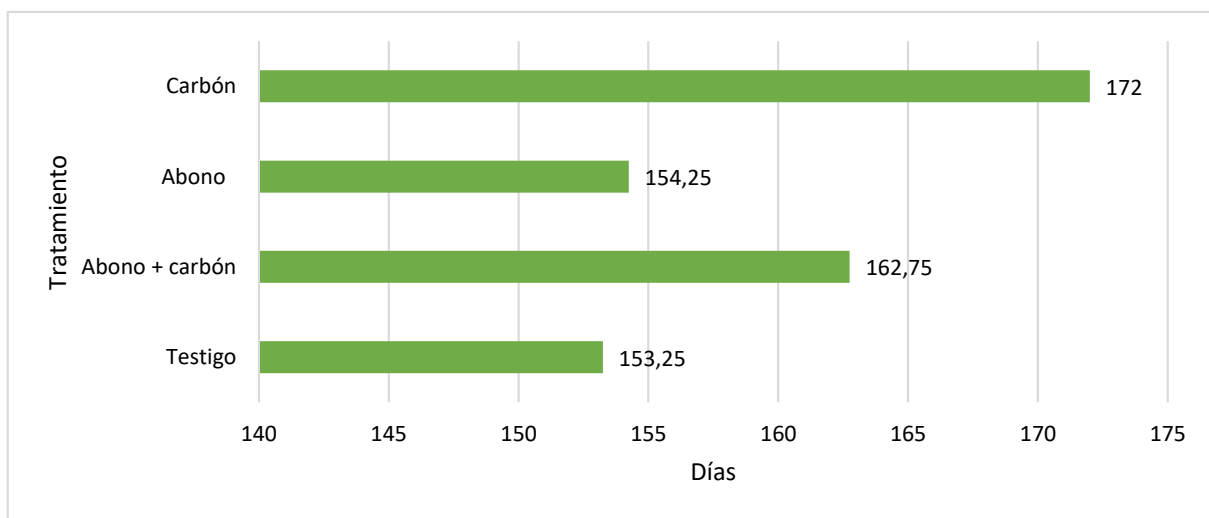
Cuadro N° 8 Prueba de Tukey para días a la emergencia

Grupo tukey	media	TRatamiento
A	172	Carbón
B	162,75	Abono + carbón
C	154,25	Abono
C	153,25	Testigo

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Después de encontrar significancia en el ANVA se realizó la prueba de Tukey, en los resultados de la prueba se observó que se formaron tres agrupamientos, el tratamiento con carbón que alcanzó 172 días hasta la emergencia, es el que más tardó en emerger, por el lado contrario tenemos a los tratamientos con abono y testigo que alcanzaron resultados similares entre 153 y 154 días.

Gráfico N° 5 Días a la emergencia de cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica 3 se puede observar que las plantas que emergieron en menos tiempo son de los tratamientos con abono y del que no tiene ningún tipo de abonamiento, por el lado contrario se tiene el sustrato con abono + carbón el cual tuvo plantas emergidas en mayor tiempo, el tratamiento con carbón vegetal no alcanzó el 50% de plantas emergidas para medir esta variable, en este tratamiento se logró un porcentaje de emergencia igual a 8% los cuales emergieron en 172 aproximadamente.

5.3.2. Porcentaje de emergencia

Cuadro Nº 9 Análisis de varianza para porcentaje de emergencia

	GL	SC	CM	Pr > F	Significancia
Sustratos	3	15914,89	5304,96	<0,0001	Significativo
Error	12	2149,85	179,15		
Total	15	18064,74			
Coeficiente de variación = 26,23%.					

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia se encontró significancia, por tal razón se realizó la prueba de Tukey.

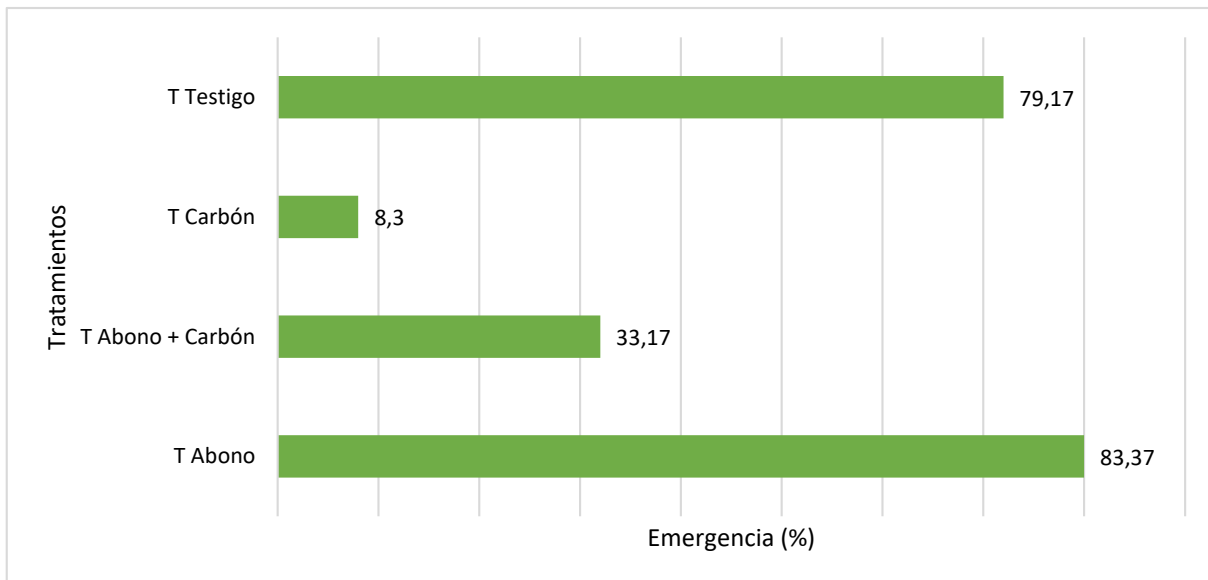
Cuadro Nº 10 Prueba de Tukey para el porcentaje de emergencia

Grupo tukey	media	Tratamiento
A	83,37	Abono
A	79,17	Testigo
B	33,17	Abono + carbón
B	8,3	Carbón

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En los resultados del cuadro 12 de la prueba de Tukey se observaron dos agrupamientos, el primero con el tratamiento testigo y abono, que son los que lograron conseguir el mayor porcentaje de emergencia, y el segundo con los tratamientos de abono + carbón y carbón con porcentajes de emergencia que no llegaron ni al 50%.

Gráfico N° 6 Porcentaje de emergencia de cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2016.

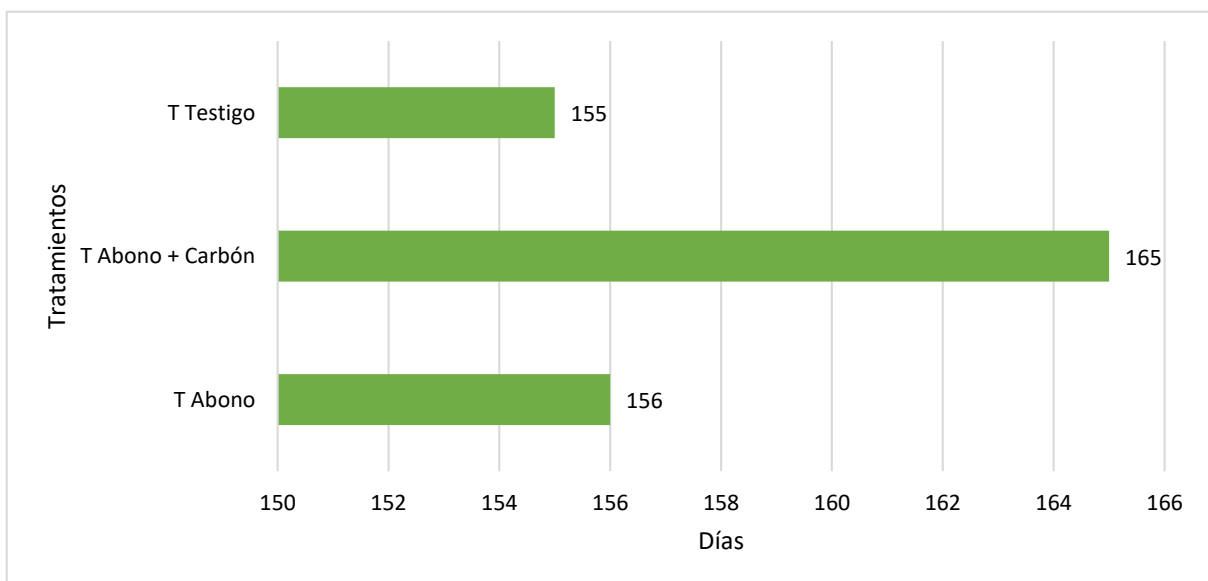
En la gráfica 4 se puede observar que el tratamiento que logró el mayor porcentaje de plantas emergidas es del tratamiento con abono con un 83% de emergencia, seguido del tratamiento testigo que logró un 79% de emergencia, los tratamientos con un menor porcentaje de emergencia son los que tenían en el sustrato carbón, logrando el tratamiento de abono + carbón vegetal un 33 % de emergencia y el tratamiento que tenía solo carbón vegetal logró un 8% de emergencia.

El porcentaje bajo de emergencia puede deberse a que los pH de los tratamientos con aplicaciones de carbón tienden a la neutralidad, por el lado contrario los tratamientos con porcentajes de emergencia más elevados tienen pH que van desde medianamente ácidos a ligeramente ácidos.

5.3.3. Días a la floración

Para esta variable se consideró también la floración de plantas no seleccionadas debido a que es un cultivo nuevo en el medio, y por tal motivo la floración podía o no darse. La gráfica de 5 muestra los días a la floración de cada tratamiento.

Gráfico N° 7 Días a la floración de cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica 5, podemos observar que la mayoría de las plantas florecieron después de dos días de la emergencia. La floración más temprana se dio en los tratamientos testigo y tratamiento con abono, la floración más tardía se presentó en el tratamiento de abono + carbón, en el tratamiento que tenía solo carbón no se presentó floración pese a que tenía un 8% de emergencia, estas plantas no llegaron a florecer.

5.3.4. Número de flores por plantas

Para esta variable se consideró el número de flores por planta, el número de flores por planta puede variar entre uno y dos a partir del segundo año.

Cuadro Nº 11 Número de flores por planta

	Abono	Abono + Carbón	Carbón	Testigo
Número de flores por planta	1	1	0	1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En esta variable del cuadro 13 se observó que cada planta alcanzó un máximo de 1 flor por planta y esto puede deberse a que el cultivo recién está en proceso de adaptación y está en su primera floración, en el libro “Azafrán en Europa” mencionan que el cultivo de azafrán puede florecer hasta por 5 años consecutivos manteniendo su rentabilidad, pero los últimos 2 años baja su cantidad de rendimiento un 10%.

5.3.5. Número de bulbos por planta

Esta variable no pudo ser medida puesto que el cultivo está en el primer año de floración y según se indica en el libro “Azafrán en Europa” el azafrán, al cumplir los 5 años de producción el bulbo madre del azafrán forma completamente los hijos bulbos que pueden ser de 5 a 7 bulbos.

5.3.6. Altura de planta

Cuadro Nº 12 Análisis de varianza para altura de planta

	GL	SC	CM	Pr > F	Significancia
Sustratos	3	266,86	88,95	0,0001	Significativo
Error	12	60,95	5,08		
Total	15	327,81			

Coefficiente de variación = 26,11%.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el análisis de varianza de la altura de planta se encontró diferencia significativa por lo tanto se realizó la prueba Tukey.

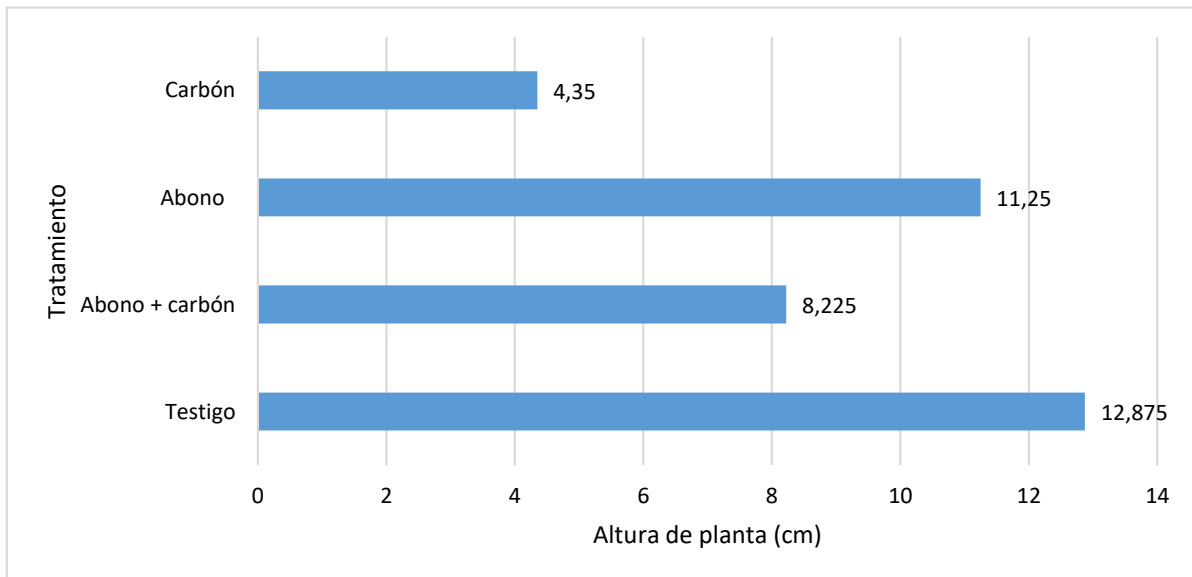
Cuadro Nº 13 Prueba de Tukey para la altura de planta

GRUPO TUKEY	media	tratamiento
A	12,87	Testigo
A	11,25	Abono
A	8,22	Abono + carbón
B	4,35	Carbón

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En los resultados del cuadro 15 de la prueba de Tukey se observan dos agrupamientos, el primero con los tratamientos testigo, abono y abono + carbón, el segundo agrupamiento con el tratamiento de carbón.

Gráfico Nº 8 Altura de planta



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica 6 de altura de planta podemos observar que los tratamientos con abono y tratamiento testigo lograron alturas de 11 a 12 cm, superiores a las de los tratamientos con carbón que lograron alturas menores de entre 4 y 8 cm en promedio, se puede inferir que los tratamientos con carbón no son favorables para el crecimiento de las plantas de azafrán en el tipo de suelo estudiado.

Los tratamientos de sustrato con carbón lograron alturas de planta más baja, puede deberse a que el cultivo no tolera niveles de pH que tienden a la neutralidad, por el lado contrario los tratamientos con pH bajo lograron alturas de planta más elevados.

5.4. Características agronómicas del cultivo

Para las características agronómicas del cultivo se tomaron en cuenta, los datos obtenidos para el mejor tratamiento, en este caso el tratamiento testigo fue el que mejor se adaptó a las condiciones ambientales del lugar. En el cuadro 16 se presentan las características agronómicas del cultivo de azafrán para la zona semiárida:

Cuadro Nº 14 Características agronómicas del azafrán

Variable	Descripción
Días a la emergencia	150 – 153
Días a la floración	155 – 160
Días a la cosecha	160 – 165
Enfermedades o plagas	Hormigas cortadoras
Vigor de la planta	Vigorosa
Altura de la planta (m)	0,12 – 0,13
Número de flores por planta	1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.5. Características fenológicas del cultivo

En cuanto a las características fenológicas respecta, se presentan los siguientes resultados de cada fase:

Periodo de brotación: se dio a los aproximadamente a los 150 días después de la siembra de los bulbos y tuvo una duración de 1 a 2 días, durante el experimento se observó que la brotación se ve favorecida al aplicarse riego en este periodo.

Periodo de salida de hojas: la salida de hojas se dio de 1 a 2 días después de la brotación.

Periodo de floración: la floración se dio de 2 a 5 días después de la salida de hojas, las flores tuvieron una duración aproximada de 5 días, después de este periodo las flores se marchitaron y cayeron.

Periodo de dormancia: El cultivo paso esta fase entre 1 a 2 semanas después de su floración.

5.6. Rendimiento del cultivo

Por tratarse de un cultivo en su fase de adaptación, no se procedió a la cosecha de los estigmas de las flores, debido a que se dieron casos en que un tratamiento no logró la floración, otro motivo por el cual no se cosecho los estigmas fue para no entorpecer la obtención de datos para las características agronómicas y fenológicas del cultivo.

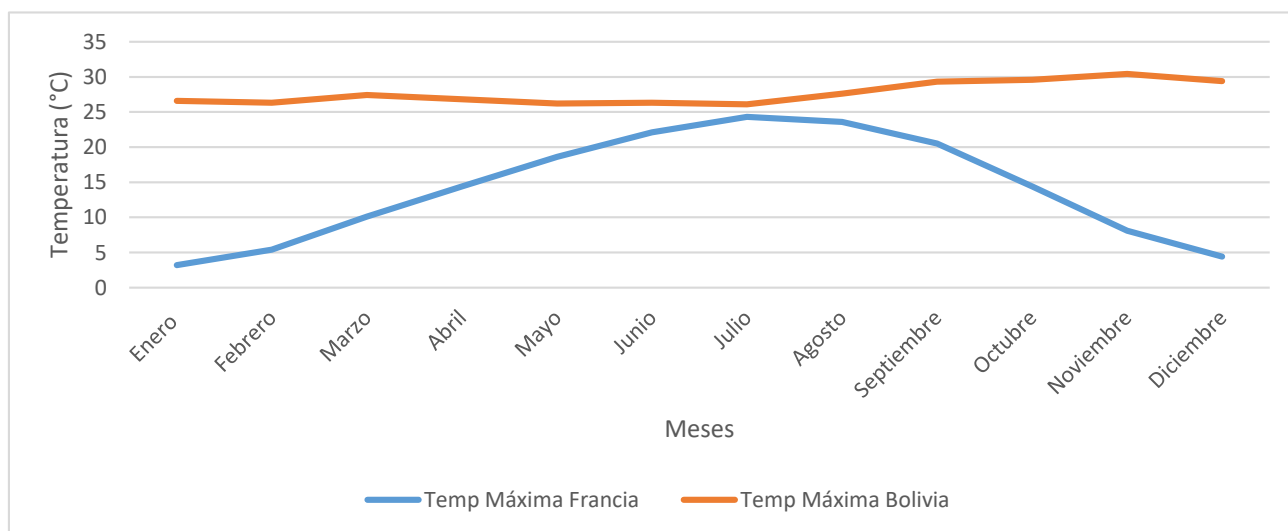
5.7. Características climáticas a las que se adapta el cultivo

Para estos resultados realizamos la comparación de las características climáticas a las que el cultivo está adaptado en su medio y también las características climáticas del país a las que el cultivo se adaptó.

5.7.1. Comparación de las temperaturas

a) Temperaturas máximas

Gráfico N° 9 Comparación de las temperaturas máximas



Fuente: Elaboración propia, 2016.

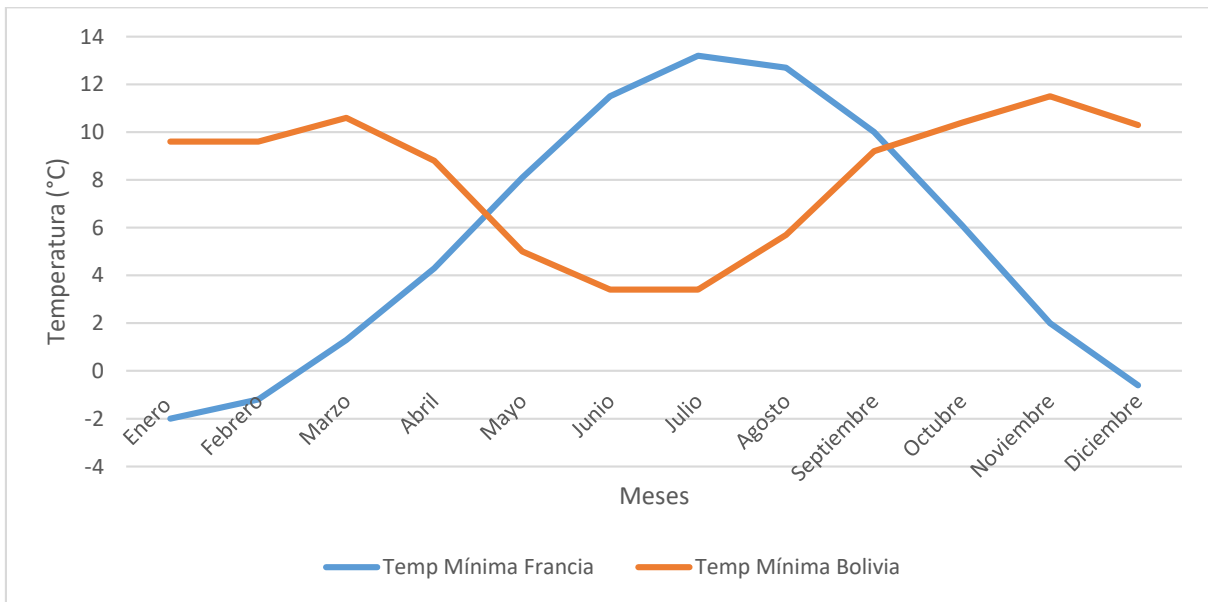
En la gráfica 7 podemos observar que existe amplia variabilidad de temperaturas máximas durante el año en el caso del país de donde procedieron los bulbos de azafrán, en el caso de nuestro país la variabilidad es mínima.

El bulbo de azafrán no requiere de altas temperaturas durante todo el año, si bien las puede soportar, este cultivo en su periodo de dormancia necesita temperaturas bajas para garantizar la cosecha de las flores para los siguientes periodos productivos.

En el caso de nuestro país no se ofrece tales condiciones para el periodo de dormancia.

b) Temperaturas mínimas

Gráfico N° 10 Comparación de las temperaturas mínimas



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica 8 se observó que el cultivo del azafrán del país de procedencia se ve afectado por temperaturas bajo cero, lo cual no pasa en nuestro país.

Los periodos de temperaturas muy bajas coinciden con el periodo de dormancia de los bulbos de azafrán, y estas condiciones son las que propician los requerimientos adecuados para un buen descanso de los bulbos que después de este periodo reanudaran nuevamente la producción de flores.

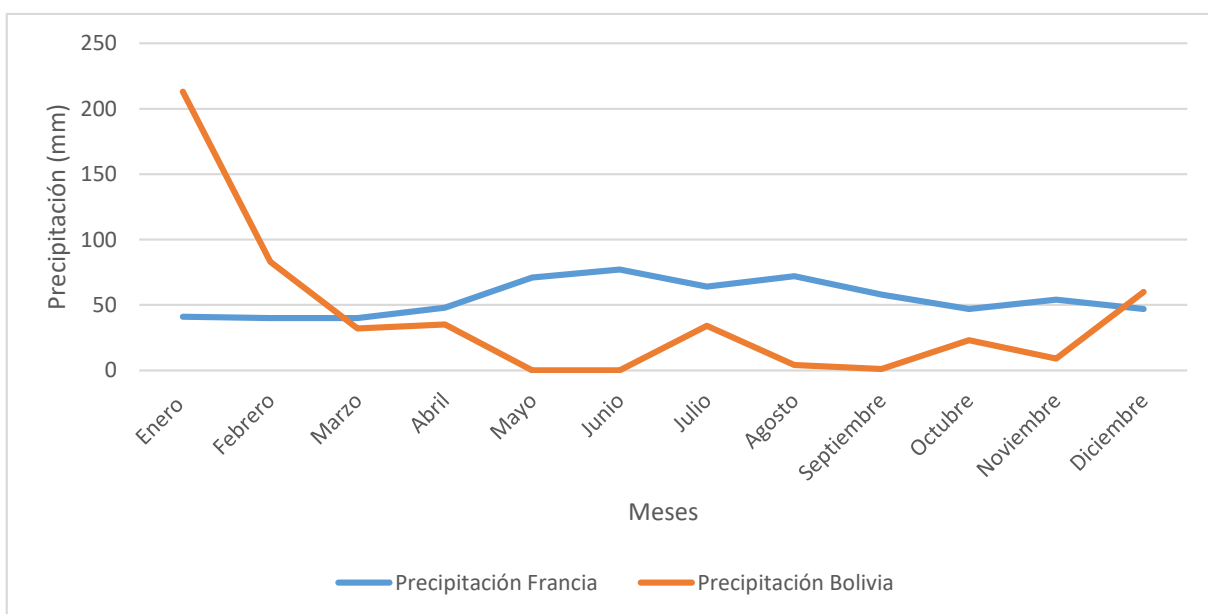
El medio en el que se realizó el experimento no cuenta con las suficientes horas de frio para un adecuado descanso de los bulbos.

5.7.2. Comparación de las precipitaciones

En la siguiente gráfica podemos observar la comparación de las precipitaciones que las precipitaciones del país de procedencia de los bulbos de azafrán, son uniformes, y no excesivas por lo cual no se presentan peligros de inundación en las parcelas.

El medio de nuestro país cuenta con periodos de precipitaciones muy marcados, que van desde periodos de sequía, hasta a veces, presentar inundaciones que afectan marcadamente los cultivos.

Gráfico N° 11 Precipitaciones del lugar de ensayo y del país de procedencia de los bulbos de azafrán



Fuente: Elaboración propia, 2016.

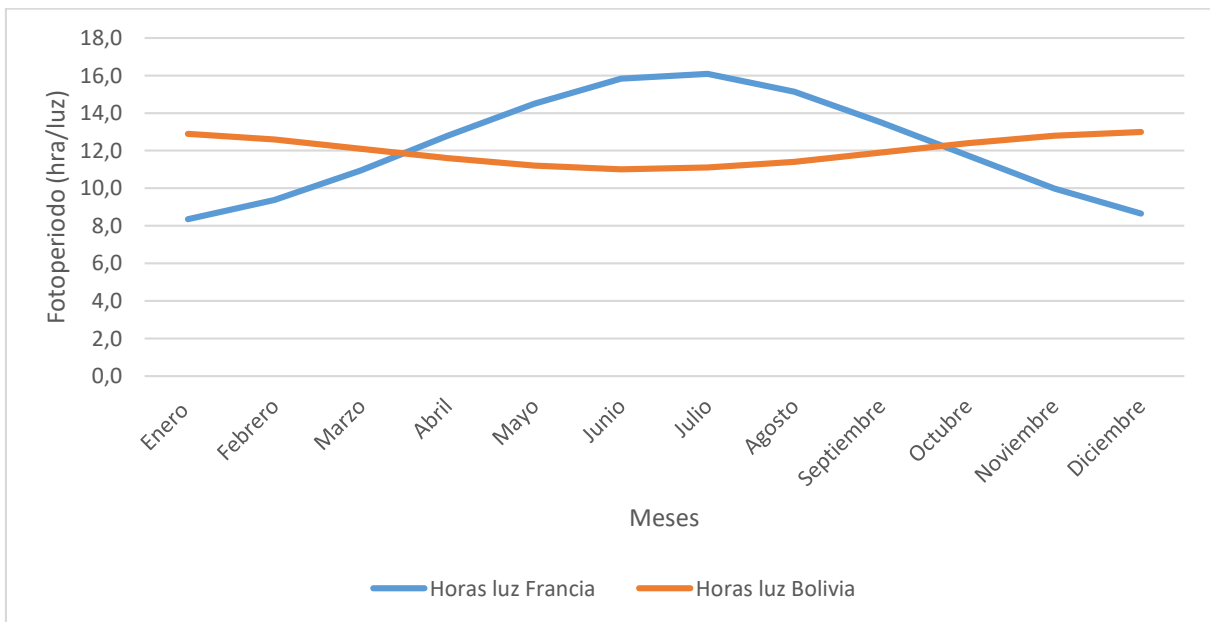
5.7.3. Fotoperiodo

Las horas luz en una zona son determinantes para el establecimiento de la mayoría de los cultivos, en el caso del país europeo podemos observar que cuenta con amplia variación entre horas de luz y horas de oscuridad, en las fechas en las que el cultivo

se encuentra en actividad coinciden con el periodo de mayor cantidad de horas luz por día.

En el país se observó el mismo fenómeno ya que los meses en la que el cultivo estuvo en mayor actividad, son los meses de agosto y septiembre, meses en los que se observa que las horas luz ascienden a comparación de los meses anteriores.

Gráfico Nº 12 Comparación del fotoperiodo



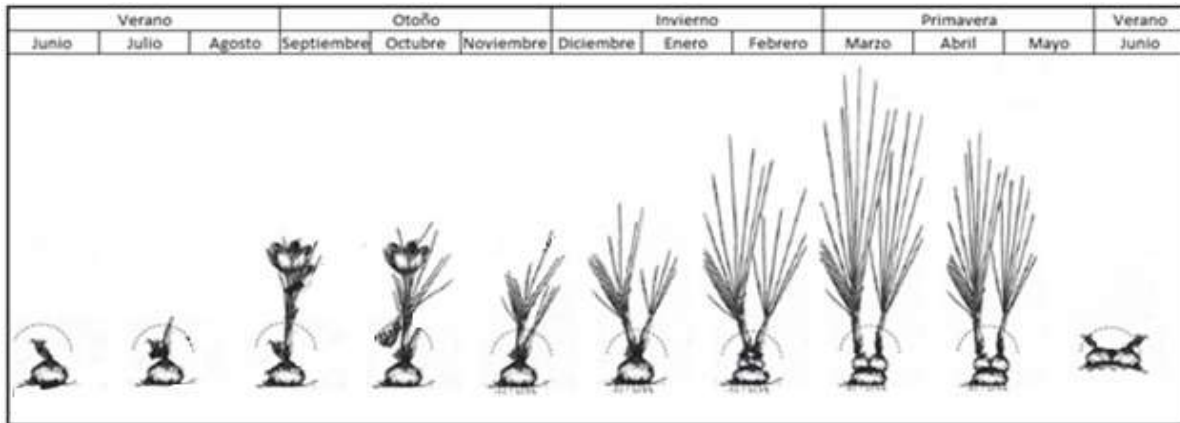
Fuente: Elaboración propia, 2016.

5.8. Comparación de las características agronómicas del azafrán

La comparación de las características agronómicas se realizó tomando en cuenta los periodos en la que el cultivo se encuentra en producción y en descanso.

La figura 2 muestra las etapas por las que el cultivo pasa en el país europeo, en que se incluye los meses de inicio y finalización.

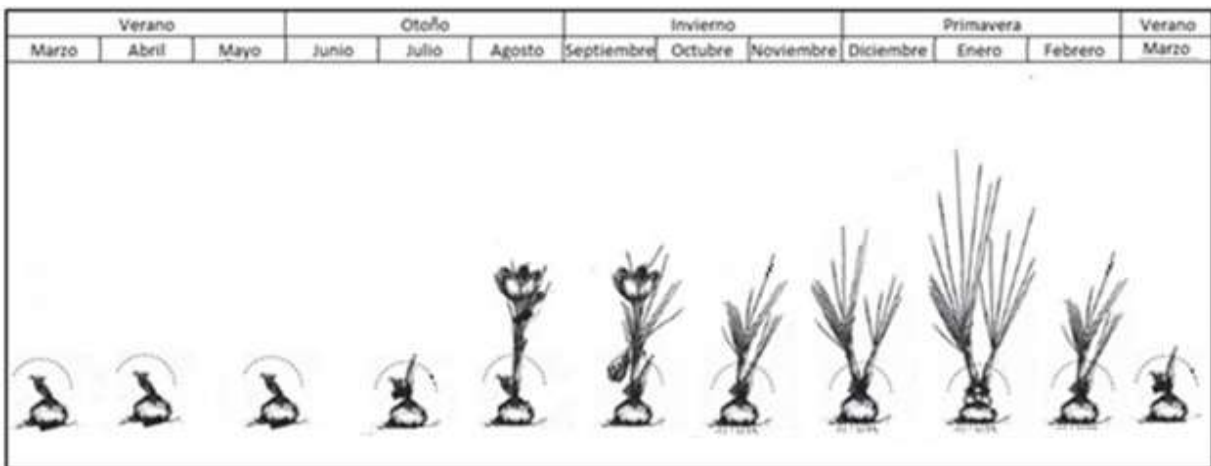
Gráfico Nº 13 Etapas del azafrán en Europa



Fuente: Phenological growth stages of saffron plant

La figura 3 muestra las etapas por las que paso el cultivo en nuestro país y también los meses de dichas etapas.

Gráfico Nº 14 Etapas del azafrán en Bolivia



Fuente: Phenological growth stages of saffron plant

Realizando la comparación entre las etapas en ambas regiones podemos observar que los meses de floración coincidieron en julio, pero no coincidieron las estaciones climatológicas ya que el periodo de descanso en Bolivia se da en los meses de Marzo a Junio, es un periodo largo, puesto que en Europa el periodo de descanso se da entre los meses de Mayo y Julio.

6. CONCLUSIONES

Las plantas de azafrán se adaptaron sin problemas en la comunidad de Combujo, está es una zona semiárida de Bolivia, que en este año presentó una fuerte sequía que abasteció de agua poco o nada a otros cultivos, pero el azafrán creció sin problemas que limitaron su desarrollo.

El cultivo del azafrán se presenta como una alternativa para afrontar los efectos del cambio climático, para zonas que se encuentran con problemas de escases de agua.

El cultivo de azafrán no es exigente respecto al contenido de nutrientes en el suelo, porque los sustratos con alto contenido de macronutrientes no mostraron buena respuesta, a diferencia de los sustratos con contenido medio de macronutrientes.

De acuerdo al desarrollo del cultivo se observó que el pH es determinante para el crecimiento del cultivo de azafrán, puesto que pH ligeramente ácidos dieron mejor respuesta que los pH que tienden a neutros, respecto a los contenidos de materia orgánica en el suelo presentaron diferencias en cuanto al crecimiento del cultivo, pues los elevados contenidos de materia orgánica en el suelo no favorecieron el desarrollo del cultivo.

Los mejores tratamientos fueron testigo y abono, pero el que mejor resultado fue del tratamiento testigo, debido a que el suelo no exige suelos con elevados porcentajes de materia orgánica.

El rendimiento del azafrán en el experimento no fue determinado debido a que la planta se encuentra en fase de adaptación y en este ensayo se hizo énfasis a la adaptación del cultivo.

El cultivo presenta un ciclo de vida de aproximadamente 170 días desde la siembra de los bulbos hasta su marchitamiento para pasar al periodo de dormancia.

La floración del cultivo de azafrán se dio en el mes de agosto, en nuestro medio es el mes en se da la finalización de los meses más fríos. Si realizamos la comparación entre los meses de floración tenemos que en Europa el mes de septiembre es en el que se da los descensos de temperatura.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el cultivo en el país, debido a que, según los datos obtenidos de países productores de este cultivo, se observa que es un cultivo rentable que logra recuperar lo invertido en el primer año siendo rentable hasta el quinto año con una cosecha por año. Los precios de los estigmas tostados de azafrán pueden alcanzar los 2000 \$US/kg (Libro blanco, 2016).

Respecto a los requerimientos de nutrientes del azafrán se recomienda realizar estudios con diferentes dosificaciones de N, P, K en base a los resultados obtenidos en este trabajo.

Se recomienda realizar las pruebas de adaptación del azafrán en otras regiones semiáridas y áridas del país, puesto que es un cultivo que puede soportar condiciones climáticas extremas.

En estudios posteriores con este cultivo se recomienda generar más información respecto al manejo del cultivo, tratando de sincronizar los periodos de las labores culturales y de manejo, respecto a las diferencias en las estaciones climáticas de Bolivia y del país de donde procedan los bulbos de azafrán.

Por lo mencionado en la diferencia de las estaciones climáticas del país con los países generalmente europeos de donde proceden los bulbos, se recomienda realizar estudios respecto a las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo como también las horas luz, factores que son determinantes en el crecimiento y floración del cultivo.

En este cultivo se observó que una de las plagas fueron las hormigas cortadoras por lo tanto se recomienda aplicar un medio de protección.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abdullaev, F.I., Frenkel, G.D. (1997). Saffron in biological and medical research. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: *Crocus sativus* L. Harwood Academic Publishers, Australia.
- Alarcón, J. y Sánchez, A. (1968). El azafrán. Hoja divulgatoria 13, Ministerio de agricultura, Madrid, España.
- Álvarez, A. (2013). Desarrollo y expresión génica en cormos de azafrán (*Crocus sativus*, L.). Tesis de maestría. Universidad de Castilla La Mancha e Instituto de Desarrollo Regional.
- Azizbekova, N. SH.; Mi Iyaeva, E. L.; Lobova, N. y Chai Iakhyan, N. K. H. (1978). Effects of giberellin and kinetin on formation of flower organs in saffron crocus. Sov. Plant physil.
- Castellanos, R. y Reyes, C. (1982). La utilización de los estiércoles en la agricultura. Ingenieros agrónomos del tecnológico de monterrey A.C. Sección laguna, Tlaxiaco, Coah. México.
- Castroviejo, S.; Aedo, C.; Cirujano, S.; Laínz, M.; Montserrat, P.; Morales, R.; Muñoz Garmendia, F.; Navarro, C.; Paiva, J. y Soriano, C. (eds). (1993). *Flora ibérica* 3. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). Sustrato. Consultado el 18 de marzo de 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/sidia/inicio.html>
- Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida. (2013). Azafrán de la Mancha. España.
- Díaz-Marta, G. L. A.; Castellanos, R. V.; Albaladejo, F. N., y de Guevara, R. G. L. 1988. Algunos detalles históricos sobre el azafrán. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, (2), 223-230.
- Fernández Pérez, J. A., Escribano Martínez, J., (2000). Biotecnología del azafrán. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca.
- García Pozuelo, E. (1960). El azafrán. Cultivo y preparación. Hoja Divulgadora 4, Ministerio de Agricultura, Madrid, España.

- Herrero Sánchez, G. (2002). Estudio sobre el azafrán. Estudio Escuela Universitaria Politécnica (Zaragoza).
- Libro Blanco del azafrán en Europa. Problemas y estrategias para valorizar la calidad y mejorar la competitividad (2007). Consultado el 18 de marzo de 2016. Disponible en: www.saffic.eu/archivos/LibroBlanco27sep09.pdf
- López, S.; Cavero, R. Y.; López, M. L.; López, F.; Oromí, M.J. y Sesma, P. (1999). Azafrán: Eco-Histología foliar del *Crocus sativus* L. Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot., 12: 1-11.
- MAGRAMA, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. Anuario de Estadística Agraria. Consultado el 19 de marzo de 2016. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica>
- Programa de Ganado y Tierra. Abonado de estiércol de equino. Consultado el 18 de marzo de 2016. Disponible en <http://livestockandland.org>
- Restrepo, J. (2007) Manual práctico el A, B, C de la agricultura orgánica, harina de roca, carbón vegetal. Consultado el 19 de marzo de 2016. Disponible en: jairoagroeco@telesat.com.co
- Serra, R. (1987). Azafrán: el oro del campo. Periplo 73.
- Valera, J. y Valera, J. (s.f.). El azafrán, cultivo de una especia en Cenizate. s.l.: s.e.
- Díaz-Marta, G.; Castellanos, R.; Albaladejo, F. y de Guevara, R. (1988). Algunos detalles históricos sobre el azafrán. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete* (2).

ANEXOS

Anexo Nº 1 Bulbos de azafrán



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo Nº 2 Separación de bulbos



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 3 Preparación de los sustratos



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 4 Excavado de las camas y cernido



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 5 Preparación del terreno



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 6 Sembrado de los bulbos de azafrán



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo Nº 7 Medición de la distancia entre bulbos para la siembra



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo Nº 8 Parcela sembrada con los bulbos de azafrán



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 9 Brotación del cultivo



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 10 Toma de datos del cultivo



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 11 Flor de azafrán



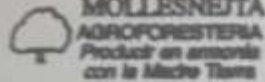
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo N° 12 Documento de certificación de calidad de los bulbos

DOCUMENTO DE CERTIFICACIÓN

Mi persona Noemi Stadler por medio de este documento, certifica la calidad y sanidad de los bulbos de azafrán proporcionados como material investigativo en la tesis titulada "INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AZAFRÁN (*Crocus sativus* L.) CON LA APLICACIÓN DE 2 SUSTRATOS EN LA COMUNIDAD COMBUYO, MUNICIPIO DE VINTO DEL DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA" realizada por la universitaria Monica Vanessa Clares Cutili de la Universidad Mayor de San Andrés. Estas semillas son de procedencia francesa de la tienda "Safran du Loess", y antes de llegar a Bolivia pasaron por controles alemanes, los cuales son muy rigurosos.

En Bolivia nos solicitaron los documentos de sanidad en los controles aduaneros, y actualmente no se cuenta con una copia de dicho documento.



Anexo Nº 13 Análisis de laboratorio

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
 FAC. de CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS
 FORESTALES "Martín Cárdenas"
 Dpto. de Ingeniería Agrícola

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS (Fertilidad)



Interesado: MONICA CLARES CUTILI
 Proyecto: Tesis de Grado-UMSA.
 Procedencia: Comunidad Combuyo, Municipio Vinto.

Nº. LAB.		1122	1123	1124	1125
Identificación	tratam.	abono	carbón	Ab-C	to
Prof.	cm	0-20	0-20	0-20	0-20
TEXTURA		F	F	F	F
% Arcilla		25	24	26	22
% Limo		34	34	33	38
% Arena		41	42	41	40
Densidad Aparente	g/cm ³				
pH 1:2,5 (suelo-agua)		5.66	6.70	5.97	5.50
C.E Milimhos/cm 1:2:5 (suelo/agua)					
Cationes Intercambiables me/100 g	Calcio				
	Magnesio				
	Sodio				
	Potasio	0.68	0.47	1.35	0.51
C.I.C.	me/100g				
Azufre disponible	ppm				
Hierro disponible	ppm				
Materia orgánica	%	4.11	5.20	5.81	4.37
Nitrógeno total (Nt)	%	0.219	0.254	0.276	0.196
Fósforo disponible **	ppm	79.9	49.9	93.4	38.5
Relación C:N					

C.E. = Conductividad eléctrica
 TEXTURA: F = Franco; Y = Arcilla; L = Limo; A = Arena
 C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico
 T.B.I. = Total de bases intercambiables

* Método:
 ** Método: OLSEN modificado

Fecha: Cbba., Octubre de 2016

Dir. Avda. Petrolera Km 4,5 Tel.: 4237506-FAX: 4762385-Cbba.
 Email: lab.suelos@agr.umss.edu.bo


 Ing. A. Alfonso Cáceres
 JEFE DE LABORATORIO
 DE SUELOS Y AGUAS
 F.C.A.P.P. - UMSA



Anexo N° 14 Datos comparados de las características climáticas de Bolivia y el país de procedencia del azafrán

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temp. Máxima	Francia	3,2	5,4	10,1	14,4	18,6	22,1	24,3	23,6	20,5	14,4	8,1	4,4
	Bolivia	26,6	26,3	27,4	26,8	26,2	26,3	26,1	27,6	29,3	29,6	30,4	29,4
Temp. Mínima	Francia	-2	-1,2	1,3	4,3	8,1	11,5	13,2	12,7	10	6,1	2	-0,6
	Bolivia	9,6	9,6	10,6	8,8	5	3,4	3,4	5,7	9,2	10,4	11,5	10,3
Precipitación	Francia	41	40	40	48	71	77	64	72	58	47	54	47
	Bolivia	213	83	32	35	0	0	34	4	1	23	9	60
Horas luz	Francia	8,4	9,4	11,0	12,8	14,5	15,8	16,1	15,1	13,5	11,8	10,0	8,7
	Bolivia	12,9	12,6	12,1	11,6	11,2	11	11,1	11,4	11,9	12,4	12,8	13

0

Fuente: Elaboración propia, 2016.