



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

VIABILIDAD DE SEMILLAS DE SEIS VARIEDADES DE FREJOL
(PHASEOLUS VULGARIS L.) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO

OLAYA LEON ADRIAN SANTIAGO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

VIABILIDAD DE SEMILLAS DE SEIS VARIEDADES DE FREJOL
(PHASEOLUS VULGARIS L.) MEDIANTE PRUEBAS DE
TETRAZOLIO

OLAYA LEON ADRIAN SANTIAGO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

VIABILIDAD DE SEMILLAS DE SEIS VARIEDADES DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO

OLAYA LEON ADRIAN SANTIAGO
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 28 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

Tesis final

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

6%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, OLAYA LEON ADRIAN SANTIAGO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado VIABILIDAD DE SEMILLAS DE SEIS VARIEDADES DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 28 de septiembre de 2021



OLAYA LEON ADRIAN SANTIAGO
0705179778

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está basado en mi esfuerzo y sacrificio, se lo quiero dedicar principalmente a Dios quien estuvo presente en toda mi trayectoria como estudiante universitario, bendiciendo mi camino cada día para poder cumplir mis objetivos.

A mis amados padres Antonio Olaya y Carmen Leon quienes fueron mi ejemplo a seguir con su esfuerzo, paciencia, amor y sacrificio, me han ayudado a poder alcanzar una meta más, por enseñarme que todo en la vida se logra a base de perseverancia y dando el máximo esfuerzo en lo que me proponga.

A mis compañeros de curso de la universidad por brindarme ánimos cuando no podía resolver alguna pregunta, estaré eternamente agradecido y espero sigan siendo las buenas personas que conocí durante estos años de estudio.

Adrian Santiago Olaya Leon

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por su protección durante este largo camino y brindándome las fuerzas necesarias para cumplir y superar los obstáculos que se me presentaban en la vida.

A mis amados padres, por su incondicional apoyo que me brindaron cada día, por creer en mis expectativas, por los consejos, por las palabras, valores y principios que me han inculcado, llegando a ser una persona honesta, humilde y de gran corazón.

Al Ing. José Quevedo, tutor de mi tesis quien estuvo presente guiándome durante todo el proceso de titulación y por compartirme todos sus conocimientos que sé que en un futuro serán de gran ayuda para mi vida profesional.

A mis amigos Víctor Castro, Jordy Socola, Jean Arias, Jefferson Fajardo, Carlos Granda, Diana Martínez y Dayanna Rodríguez, compañeros desde el primer semestre y hermanos para toda la vida.

Adrian Santiago Olaya Leon

VIABILIDAD DE SEMILLAS DE SEIS VARIEDADES DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO)

Olaya Leon, Adrian Santiago

Quevedo Guerrero, José Nicasio

RESUMEN

La producción mundial de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), se distribuye entre Asia (44,8%), América (32%), África (19,9%), Europa (2,6%) y Oceanía (0,2%). Los países más productivos son India, Brasil, Myanmar, China, Estados Unidos, Uganda, Kenia e Indonesia. En Ecuador el frejol es la legumbre con mayor superficie de cultivo y consumo. La superficie destinada a la producción del grano es 35.000 hectáreas, ocupando la región Sierra Norte el primer lugar en extensión y producción del país con 8.000 hectáreas. Hay 50 tipos de frejoles, siendo la variedad "Canario" la que más destaca por su sabor y textura. El objetivo de estudio en esta investigación fue evaluar el porcentaje de viabilidad y germinación en seis variedades de frejol mediante pruebas de tetrazolio y germinación. El trabajo actual se efectuó en la Granja Experimental "Santa Inés" que pertenece a la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), ubicada en la parroquia El Cambio, Cantón Machala. El diseño estadístico se basó en dos factores de estudio (Variedad y AG3), las variables principales a medir fueron la viabilidad a través de la prueba de tetrazolio y el porcentaje de germinación mediante la prueba de AG3. Con los datos obtenidos se realizó una prueba de normalidad (Shapiro Wilk), caja de sesgo para ambas variables, seguido de una regresión con el fin de obtener la correlación de ambas. Para determinar la significancia se empleó un ANOVA para la comparación de medias, finalmente se aplicó un modelo lineal multivariante para graficar mediante barras las demás variables de estudio. La viabilidad de las variedades en estudio resultó en un rango entre 20% y medias próximas al 100%, a excepción de la variedad 1, donde no hubo un buen porcentaje de viabilidad. Mediante la prueba de germinación con una solución de Ag3 a diferentes dosis comprobó los supuestos, es importante indicar que al aplicar Ag3 en el cultivo la variedad 1 que no presentó buenos resultados con Tetrazolio indujo a la germinación dando un mejor porcentaje que la prueba anterior. Las variables donde se aplicó el ANOVA indica que entre los grupos combinados las variables que, presentaron diferencias significativas entre los grupos, menos al p-valor 0.05 longitud de hipocótilo, largo de la hoja son los más significativos con respecto a las demás variables evaluadas. En esta prueba se evaluó diferentes dosis de Ag3 en la cual se observó que la que mejor germinación y desarrollo presentó fue la dosis de 10 ml. Recomendando que el uso del ácido giberélico (AG3) aumenta el porcentaje de germinación de semillas que se encuentren en dormición como resultó en este experimento en la variedad 1, a su vez se recomienda conservar las semillas en ambientes idóneos para que preserven su potencial de viabilidad durante más tiempo.

Palabras Clave: semillas, frejol, viabilidad, germinación y tetrazolio.

VIABILITY OF SEEDS OF SIX VARIETIES OF FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) THROUGH TETRAZOLIUM TESTS)

Olaya Leon, Adrian Santiago

Quevedo Guerrero, José Nicasio

ABSTRACT

The world production of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), is distributed between Asia (44.8%), America (32%), Africa (19.9%), Europe (2.6%) and Oceania (0.2 %). The most productive countries are India, Brazil, Myanmar, China, the United States, Uganda, Kenya and Indonesia. In Ecuador, beans are the legume with the largest cultivation and consumption surface. The surface area for grain production is 35,000 hectares, the Sierra Norte region occupying the first place in extension and production in the country with 8,000 hectares. There are 50 types of beans, the "Canario" variety being the one that stands out the most for its flavor and texture. The objective of the study in this investigation was to evaluate the percentage of viability and germination in six varieties of beans by means of tetrazolium and germination tests. The present investigation was carried out in the Experimental Farm "Santa Inés" belonging to the Academic Unit of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala (UTMACH), located in the El Cambio parish, Machala Canton. The statistical design was based on two study factors (Variety and AG3), the main variables to be measured were viability through the tetrazolium test and the percentage of germination through the AG3 test. With the data obtained, a normality test (Shapiro Wilk) was performed, a bias box for both variables, followed by a regression in order to obtain the correlation of both. To determine the significance, an ANOVA was used for the comparison of means, finally a multivariate linear model was applied to graph the other study variables using bars. The viability of the varieties under study resulted in a range between 20% and averages close to 100%, with the exception of variety 1, where there was not a good percentage of viability. By means of the germination test with a solution of Ag3 at different doses, he verified the assumptions, it is important to indicate that when applying Ag3 in the crop, variety 1 that did not present good results with Tetrazolium induced germination, giving a better percentage than the previous test. The variables where the ANOVA was applied indicates that among the combined groups the variables that presented significant differences between the groups, less than the p-value 0.05 hypocotyl length, leaf length are the most significant with respect to the other variables evaluated. In this test, different doses of Ag3 were evaluated, in which it was observed that the one with the best germination and development was the 10 ml dose. Recommending that the use of gibberellic acid (AG3) increases the percentage of germination of seeds that are in dormancy as it resulted in this experiment in variety 1, in turn it is recommended to keep the seeds in suitable environments to preserve their potential viability. for longer.

Key Words: seeds, beans, viability, germination and tetrazolium.

INDICE

1	INTRODUCCION.....	9
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	11
2	REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1	ORIGEN.....	12
2.2	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL FREJOL.....	12
2.3	IMPORTANCIA.....	13
2.4	VALOR NUTRITIVO.....	13
2.5	PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL.....	14
2.6	MORFOLOGÍA.....	15
2.6.1	Sistema radicular.....	15
2.6.2	Tallo.....	16
2.6.3	Hojas.....	16
2.6.4	Flores.....	16
2.6.5	Frutos.....	16
2.7	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	16
2.7.1	Temperatura.....	17
2.7.2	Luminosidad.....	17
2.7.3	Precipitación.....	17
2.7.4	Altitud.....	17
2.7.5	Suelo.....	17
2.8	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE FREJOL.....	18
2.9	CALIDAD DE SEMILLAS.....	18
2.10	ATRIBUTOS DE CALIDAD DE SEMILLA.....	19
2.11	CALIDAD GENÉTICA.....	19
2.12	CALIDAD FÍSICA.....	19
2.13	CALIDAD FISIOLÓGICA.....	19
2.14	PRODUCCIÓN DE SEMILLA.....	20
2.15	ALMACENAMIENTO DE SEMILLA.....	20
2.16	PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO DE LAS SEMILLAS.....	20
2.17	HONGOS QUE AFECTAN A LAS SEMILLAS.....	21
2.18	MICOTOXINAS.....	21
2.19	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONTAMINACIÓN POR HONGOS Y PRODUCCIÓN.....	22
2.20	MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE SEMILLAS.....	23
2.21	ALMACENAMIENTO EN SACOS.....	23
2.22	ALMACENAMIENTO A GRANEL.....	23
2.23	ALMACENAMIENTO HERMÉTICO.....	24
2.24	VIGOR DE LAS SEMILLAS.....	24
2.25	BANCO DE SEMILLAS.....	24
2.26	LONGEVIDAD DE SEMILLAS.....	24
2.27	ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS.....	25
2.28	CONSERVACIÓN DE SEMILLAS.....	25

2.29	VIABILIDAD DE SEMILLAS	25
2.30	CONTENIDO DE HUMEDAD	25
2.31	LATENCIA DE SEMILLA	26
2.32	TIPOS DE SEMILLAS	26
2.33	GERMINACIÓN DE LA SEMILLA	26
2.34	CAPACIDAD DE GERMINACIÓN.....	26
2.35	VELOCIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLA	26
2.36	GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE FREJOL.....	27
2.37	PRUEBA DE TETRAZOLIO	27
2.38	GERMINACIÓN CON ÁCIDO GIBERÉLICO (AG3)	28
2.39	PRUEBA DE GERMINACIÓN	28
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	29
3.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	29
3.3	FACTORES CLIMÁTICOS Y ECOLÓGICOS	29
3.4	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	29
3.5	MATERIAL VEGETAL UTILIZADO.....	30
3.6	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	31
3.6.1	Diseño experimental	31
3.6.2	Prueba de Viabilidad mediante prueba de Tetrazolio.....	31
3.6.3	Ensayo de germinación mediante la aplicación de la hormona Ag3.....	32
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5	CONCLUSIONES	44
6	RECOMENDACIONES	45
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
8	ANEXOS.....	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores nutricionales de la semilla de frejol por cada 100 g	18
Tabla 2. Hongos que afectan a las semillas.	21
Tabla 3. Factores que influyen en la contaminación por hongos y producción.....	22
Tabla 4. Prueba de normalidad para el factor de estudio viabilidad mediante prueba de tetrazolio y prueba de germinación.....	33
Tabla 5. Estadística descriptiva de los datos evaluados entre las variedades.	35
Tabla 6 Tabla de ANOVA de las variables y las variedades.	36
Tabla 7. Tabla de correlación de Pearson de acuerdo a la viabilidad de las semillas mediante Tetrazolio y Ag3.	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de producción de frejoles secos por región (promedio 1994 -2019)...	14
Figura 2. Producción y área cosechada de frejoles secos de 1994 - 2019.	14
Figura 3. Producción y cosecha de frejoles secos a nivel nacional de 1994 - 2019.	15
Figura 4. Diferentes patrones de tinción que pueden presentar los embriones de maíz	28
Figura 5. Acciones de Phaseolus Vulgaris L., utilizadas en el ensayo.....	30
Figura 6. Diagrama de cajas viabilidad de semillas con tetrazolio para las diferentes variedades de frejol.	34
Figura 7. Diagrama de cajas de las pruebas de germinación en las diferentes variedades. ...	35
Figura 8. Medias obtenidas de las medias en las diferentes variedades.	37
Figura 9. Prueba de correlación entre las variables germinación y viabilidad de semillas de tetrazolio.	38
Figura 10. Medias marginales estimadas de la radícula a los 3 días.	39
Figura 11 . Medias marginales estimadas de la longitud del hipocótilos	40
Figura 12. Medias marginales estimadas para largo de hoja de frejol.....	41
Figura 13. Medias marginales para ancho de la hoja de frejol.	41
Figura 14. Medias marginales estimadas de raíces adventicias.....	42
Figura 15. Medias marginales estimadas para raíces adventicias.....	43

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Variedades de Semillas de frejol cortadas antes de aplicar tetrazolio.....	50
Anexo 2 Resultado de la prueba de tetrazolio después de 24 horas	50
Anexo 3 Prueba de germinación con Ag3	51
Anexo 4 Ubicación de semillas de las 6 variedades de frejol en las cajas Petri para aplicación de Ag3.....	51
Anexo 5. Aplicación del Tetrazolio para la tinción de la semilla.....	51
Anexo 6 Aplicación de la solución de Ag3 den las semillas de las 6 variedades de frejol en las cajas Petri.....	51
Anexo 7. Corte longitudinal de semillas para la aplicación del tetrazolio	51
Anexo 8 Toma de Radícula (3 días)	51
Anexo 9 Toma de datos de tamaño de raíz principal y cantidad de raíces adventicias	51
Anexo 10 Toma de datos de Hipocótilo	51
Anexo 11. Toma de datos de largo de la hoja.....	51
Anexo 12. Toma de datos de ancho de la hoja	51

1 INTRODUCCION

En Ecuador, los frejoles son las legumbres con mayor superficie de cultivo y consumo. El área del grano ronda las 35,000 hectáreas con un rendimiento de 39,725 t y la Sierra Norte es la más grande con 8,000 hectáreas, es la región con mayor producción del país. Hay 50 tipos de frejoles, siendo el "Canario" el que más destaca por su sabor y textura. (Torres Navarrete, y otros, 2013)

Las propiedades nutricionales de los frejoles están relacionadas con su alto contenido en proteínas y en menor medida con su aporte de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo de la variedad de frejol, su contenido de proteína varía del 14 al 33%, aportando aminoácidos como lisina (6,4 a 7,6 g / 100 g de proteína) y fenilalanina más tirosina (5,3 a 8,2 g / 100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados metionina y cisteína. Sin embargo, según evaluaciones biológicas, la calidad de la proteína de frejol cocido puede llegar hasta el 70% en comparación con una proteína de control de origen animal a la que se asigna el 100%. (Ulloa & Ramírez Ramírez, 2011) No existe contenido de colesterol, bajos en sodio, los granos blancos solo tienen 13 mg, ricas en minerales como hierro, calcio, magnesio, zinc, fósforo y potasio y vitaminas del complejo B, niacina, tiamina y riboflavina. (Sánchez Trejos, 2009)

Las semillas son los principales órganos reproductores de la mayoría de las plantas. Desempeñan un papel importante en la regeneración y propagación de poblaciones vegetales, restauración forestal y sucesión ecológica. En la naturaleza las semillas son una fuente de alimento básica para muchos animales (Doria, 2010). Existe información sobre su viabilidad y la calidad fisiológica de las semillas que juegan un papel muy importante (Salazar & Delgado, 2018).

La germinación es la reanudación del crecimiento embrionario, paralizado en la etapa final de madurez. El proceso fisiológico de crecimiento requiere de actividades metabólicas aceleradas, la etapa inicial de la germinación consiste principalmente en activar estos procesos aumentando la humedad y la respiración de las semillas. (Doria, 2010)

Para que las semillas logren sus objetivos, deben convertir los embriones en plántulas para que puedan valerse por sí mismos y eventualmente convertirse en plantas adultas. Todo ello incluye una serie de procesos metabólicos y de morfogénesis, cuyo resultado final es la germinación de semillas. (Doria, 2010)

La productividad de los cultivos depende principalmente de la calidad de las semillas que se producen por el agricultor. Teniendo en cuenta la importancia de esta variable, se han desarrollado experimentos como la prueba del tetrazolio, que es uno de los principales métodos para evaluar el vigor de la semilla. (Mercado, Caleño, & Urbano, Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L, 2019)

La prueba del tetrazolio consiste en la actividad de la deshidrogenasa, especialmente la deshidrogenasa del ácido málico, Disminuye la sal de tetrazolio en el tejido vivo de la semilla para formar tri-benzamidina (compuesto rojo), lo que indica la actividad respiratoria en las mitocondrias y la vitalidad del embrión de la semilla. Por el contrario, la reacción no se produce en los tejidos muertos, por lo que no se produce una tinción característica. (Salazar & Delgado, 2018)

Para que los resultados de la prueba sean favorables, la absorción de tetrazolio debe ser suficiente; por lo tanto, las semillas se deben remojar previamente en agua para activar el metabolismo enzimático antes de ser sumergidas en la solución de tetrazolio, después de este pretratamiento, muchas especies requieren técnicas de preparación, como pinchar o quitar la piel. Este estudio evaluó la prueba de tetrazolio como método para determinar el vigor de semillas de *G. máx.* (Salazar & Delgado, 2018)

1.1 Objetivo General

- Evaluar el porcentaje de viabilidad y germinación en seis variedades de frejol mediante pruebas de tetrazolio y germinación.

1.2 Objetivo Específico

- Establecer el porcentaje de viabilidad de las variedades de frejol utilizando la prueba de tetrazolio.
- Verificar los resultados de la prueba de tetrazolio mediante una prueba de germinación con una solución de Ag3 a diferentes dosis.
- Determinar a qué dosis de Ag3 se presentó la mejor germinación y desarrollo

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

El frejol común es un tipo de leguminosa de origen centro americano, procedente de México. Se considera parte de la lista de cultivos más antiguos y forma parte de la alimentación del hombre desde mucho tiempo atrás (Ulloa & Ramírez Ramírez, 2011). Algunos restos antiguos se lograron encontrar en Centro América, mencionan que la siembra comenzó alrededor del 7000 a. C. (Cornelio, 2015)

Tiempo atrás que ocurriera lo de Andes de Centroamérica, su dominio reducía la diversidad genética de las leguminosas en grandes cantidades debido a un evento llamado "cuello de botella", que incluye un declive genético en comparación con sus ancestros. (Rossi, Bitocchi, Bellucci, Nanni, & Rau, 2009)

La especie se la domino entre 5000 y 2000 a. C. En Centroamérica y los Andes, llegó a Europa después de descubrir América y desde entonces se distribuye a nivel mundial debido a su adaptabilidad y diversidad de genotipos. Actualmente se cultiva en 129 países de los cinco continentes (Cornelio, 2015)

El frejol es una especie perteneciente a la familia de las fabáceas y la especie más famosa del género *Phaseolus*. Es un cultivo anual y hasta ahora en la actualidad existe una gran variedad de cultivares, que está dividida en 7 grupos: blancos, amarillos, pintos, negros, moteados, morados y bayos. Existen una gran diversidad de cultivares que producen semillas de diferentes tamaños, colores y formas (Cornelio, 2015)

2.2 Clasificación Taxonómica del frejol

Es una planta dicotiledónea anual de la antigua familia de las fabáceas, llamadas como familia de papilionáceas, existen 70 variedades divididas en siete grupos, esta especie presenta una gran diversidad genética como: frejol negro, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos, moteados y nueces de la más amplia variedad de colores, formas y tamaños.

En las últimas dos décadas se ha establecido una base sólida y universal para clasificar los frejoles. Este género se identifica claramente de otros géneros como *Vigna* y *Macroptilium*, lo que conlleva a una confusión taxonómica y se la reconoce como de origen americano.

Taxonómicamente, esta especie es el prototipo del género *Phaseolus*, científicamente conocido como *Phaseolus vulgaris* L., designado por Linneo en 1753. Perteneció a la familia Phaseoleae de la subfamilia Papilionoideae que está dentro del orden Rosales. (Debouck & Hidalgo, 1985)

2.3 Importancia

Los frejoles son considerados una de las legumbres más importantes del mundo. Desempeña un número vital en el sistema económico de los medianos y pequeños productores, y sus legumbres proporcionan proteínas de alto valor a las personas de bajos ingresos. También, a su vez ayudan a la fijación biológica de Nitrógeno. (Besantes, Manejo de los cultivos andinos del Ecuador. In ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas), 2015)

En el territorio ecuatoriano la producción de frejol es alta, proporcionando a los pequeños y medianos agricultores un ingreso económico de 40% y 70% respectivamente. Además, al ser un producto no perecedero, se puede almacenar hasta por un año. Con una superficie total cultivada de 121,000 hectáreas, el 40% de la producción se dedica a los programas de suministro y consumo de alimentos del país, y el 60% restante se envía a Colombia. (Peralta, Murillo, Rodríguez, & Mazon, 2014)

El frejol en el Ecuador es de las legumbres más consumidos, siendo de los alimentos con mayor comercialización en el país. Se cultiva comúnmente de dos maneras: el método relacionado con el maíz y la siembra única. (Moya, Guevara, Mesa, Vizcaino, & Leon, 2019)

2.4 Valor Nutritivo

Los frejoles son ricos en proteínas, fibra y en menor medida, carbohidratos y vitaminas B (ácido fólico, niacina, tiamina, riboflavina). También contribuye gran cantidad de minerales como calcio, hierro, fósforo, zinc, magnesio y potasio. (Ulloa & Ramírez Ramírez, 2011)

Su contenido de proteínas y carbohidratos varía según la variedad. Con 100 g de frejoles, aporta entre un 14 a un 33% de proteínas y entre 52 y 76 g. (Ulloa & Ramírez Ramírez, 2011)

2.5 Producción mundial y nacional

Los continentes con más producción son Asia (44,8%) y América (32,5 %), seguidos de África (19,9%), y finalmente Europa (2,6%) y Oceanía (0,2%). (Figura 1). Los países más productivos esta India, Brasil, Myanmar, China, Estados Unidos, Estados Unidos, Uganda, Kenia e Indonesia. (FAOSTAT, 2020)

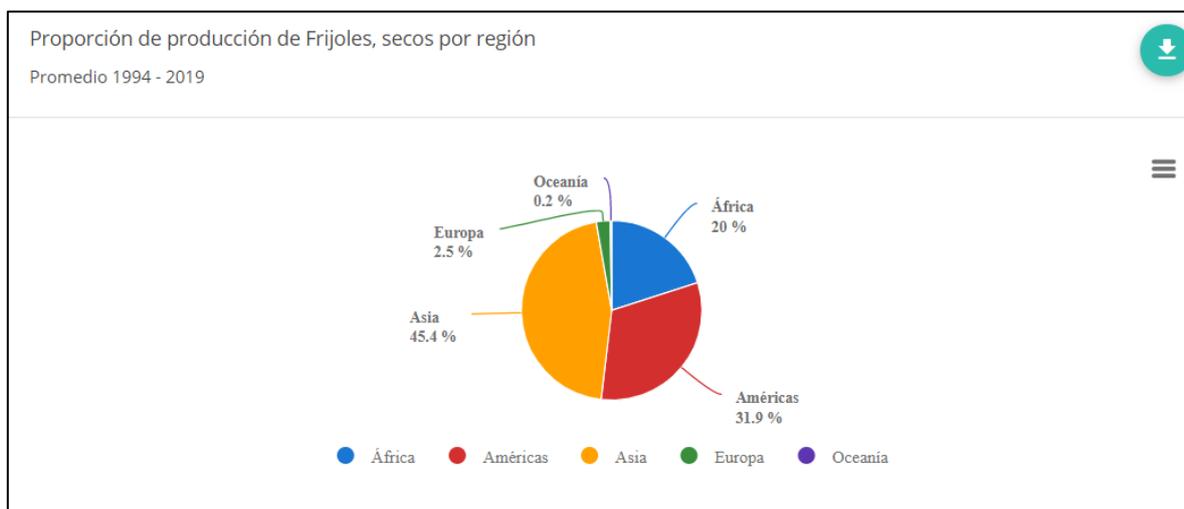


Figura 1. Porcentaje de producción de frejoles secos por región (promedio 1994 -2019).

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

En el mundo, su producción y cosecha de frejol superó los 30,000,000 de t, aumentando de 1994 a 2018. El gráfico indica que 2017 fue el año con mayor productividad. (Figura 2) (FAOSTAT, 2020)

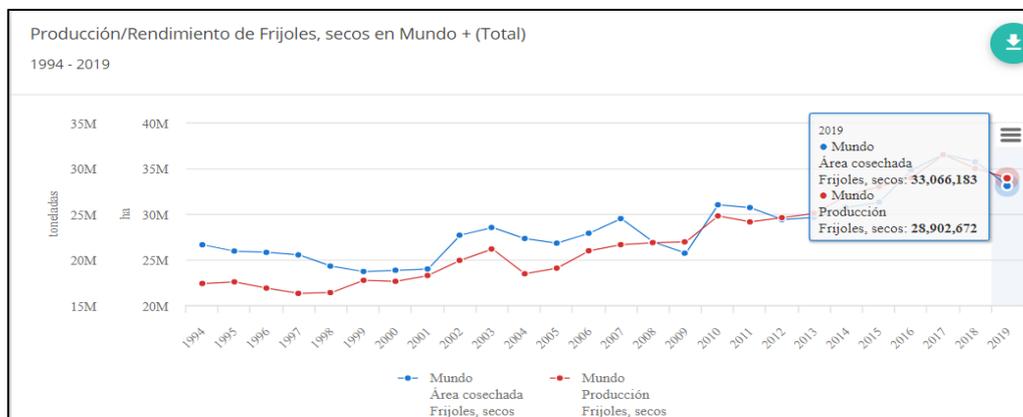


Figura 2. Producción y área cosechada de frejoles secos de 1994 - 2019.

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

La producción y cosecha de frijoles en todo el país bajo significativamente. La mayor producción tuvo lugar en 1994 con más de 50,000 t y la menor producción en 2018 fue inferior a 25,000 t. (Figura 3) (FAOSTAT, 2020)

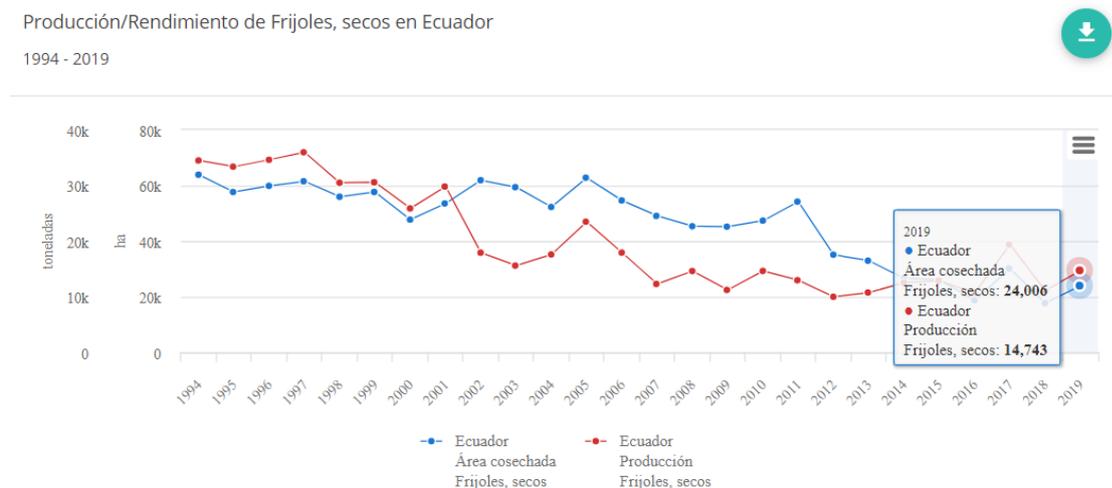


Figura 3. Producción y cosecha de frijoles secos a nivel nacional de 1994 - 2019.

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

2.6 Morfología

Es un arbusto anual con muchas hojas y tiene un tallo principal sobre el que aparecen ramas. También, es una planta erguida cuya densidad de población se ve influenciada de condiciones ambientales. (Valladares, 2010)

Su tamaño depende de sus hábitos de crecimiento. Cuando se le llama arbusto o crecimiento definido, su altura varía de 30 a 80 cm, y cuando también se le llama crecimiento voluble o indeterminado, alcanza más de 1 m. (Besantes, Manejo de los cultivos andinos del Ecuador. In ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas), 2015)

2.6.1 Sistema radicular

Las plantas tienen una raíz primaria terrestre y su desarrollo se divide en tres fases. La raíz principal aparece después de la expansión del centro del embrión. Después de días de crecimiento, puede observar que las raíces secundarias se forman encima de la raíz primaria. En la última fase, se observan sus raíces terciarias y pelos absorbentes en los extremos de sus raíces secundarias. (CIAT, 2012).

2.6.2 Tallo

Este cultivo tiene un tallo principal herbáceo cilíndrico, son erguidos, medio rectos, puntiagudos o medio tallo, y se consideran el eje central de la planta. Está formado por una serie de nudos y entrenudos. Poseen dos patrones de crecimiento dependiendo de la variedad: determinado e indeterminado. Los tallos con crecimiento fijo terminan el crecimiento en la floración, pero los tallos con crecimiento incierto pueden continuar creciendo después de la floración. (Valladares, 2010).

2.6.3 Hojas

El tamaño de las hojas varía según el cultivar. Las primeras hojas que se forman en los cotiledones, durante la embriogénesis se llaman monocotiledóneas y estas se desprenden antes de que la planta crezca completamente. Las hojas compuestas son hojas características de las plantas de frejol, la hoja central es simétrica y oval, con 3 folios, raquis y pecíolo. (Samayoa, 2010).

2.6.4 Flores

Las flores crecen en racimos, el color cambia de blanco a morado según la variedad, se organizan en racimos y crecen en las axilas de las hojas. Las flores florecen después de la fusión y promueven la autopolinización. existen dos tipos de flores, hermafroditas o completas. (Araujo, 2008).

2.6.5 Frutos

El frejol también se conoce como legumbre porque es una leguminosa. Surge de los ovarios comprimidos, tamaño, número de semillas y forma de las variedades. Las semillas son de forma sub cilíndrica y los nutrientes se almacenan en los cotiledones. También puedes encontrar diferentes colores, formas y tamaños. (Valladares, 2010).

2.7 Requerimientos edafoclimáticos

Son muchos los factores que afectan a los cultivos, como el cambio de clima y las condiciones edáficas. El cultivo es sensible a las distintas temperaturas. Un aumento de 1 ° C puede afectar hasta un 10% de los rendimientos de los cultivos. Por lo tanto, puede mejorar el

rendimiento hasta en un 50% si establece las condiciones de producción adecuadas. (Martínez, Haramboure, Gil, & Monte, 2019).

2.7.1 Temperatura

Es necesario un rango de temperatura de 13-26 ° C para obtener rendimientos óptimos de frejol. Sensible a temperaturas inferiores a 2 ° C. (Cornelio, 2015).

2.7.2 Luminosidad

La luz es necesaria para que las hojas realicen la fotosíntesis, pero demasiada luz retrasará la maduración de las semillas máximo 6 días. Por eso, es una especie que requiere pocos días. (Lardizabal, Arias, & Segura, 2013).

2.7.3 Precipitación

Esta planta necesita entre 300-700 mm de lluvia durante su período vegetativo. (Peralta, Murillo, Rodríguez, & Mazon, 2014)

2.7.4 Altitud

La altura requerida depende del tipo de frejoles que esté cultivando. Los guisantes silvestres crecen hasta una altitud de 2.780 metros. Y los frejoles volubles requieren elevaciones de 2.000-2.900 metros sobre el nivel del mar. (Besantes, Manejo de los cultivos andinos del Ecuador. In ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas)., 2015)

2.7.5 Suelo

Los frejoles son una especie sensible a la salinidad del suelo y se cree que tienen una resistencia a la sal limitada. Es un problema en la industria de la agricultura porque afecta el metabolismo y produce hasta el 50% del crecimiento y rendimiento de las legumbres. Se estima que el 7% de tierra agrícola del mundo se ve afectada por la salinidad. Los frejoles funcionan mejor en suelos bien drenados y ricos en materia orgánica. Los suelos que prefiere son francos, arenosos y limosos ricos en humus. (Besantes, Manejo de los cultivos andinos del Ecuador. In ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas)., 2015).

2.8 Composición química del grano de frejol

Cada grano de frejol está enriquecido con los nutrientes necesarios para una dieta equilibrada y sobre todo las proporciones adecuadas de cada elemento que se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores nutricionales de la semilla de frejol por cada 100 g

Calorías	312
Proteínas	0.50 g
Carbohidratos	86.00 g
Grasas	0.1 g
Agua	12.3 g
Ceniza	1.1 g
Calcio	80.00 mg
Fósforo	60.00 mg
Hierro	2.40 mg
Vit b1	0.02 mg
Vit b-12	0.07 mg
Vit c	3.00 mg

(Calero, Quezada, Urbina, & Carcache, 2016)

2.9 Calidad de semillas

Las semillas de alta calidad pueden aparecer rápida y uniformemente bajo una variedad de condiciones ambientales, lo que mejora la eficiencia de producción de la variedad. La calidad de la semilla es un concepto basado en la evaluación de varios atributos y la mejora de la instalación de la planta en el campo. Entre ellos destacan las cualidades genéticas, fisiológicas, físicas e higiénicas. (Pérez Mendoza, y otros, 2006)

Para producir cultivos rentables, se debe utilizar semillas de alta calidad, ya que es más probable que tenga éxito al cultivar plántulas. Además, las semillas de alta calidad conservan más vitalidad durante el almacenamiento. (Ayala Villegas, Ayala Garay, & Aguilar, 2014)

2.10 Atributos de calidad de semilla

Es de suma importancia que los productores de frejol sigan este principio y traten de utilizar semillas con atributos de calidad que cumplan con los parámetros establecidos por las agencias estatales oficiales, con estándares específicos para cada planta. En el mercado de semillas, el éxito de un negocio depende de las medidas de control de calidad que mantiene en su programa de producción. Por lo tanto, deben prestar atención a los principales factores que lo afectan. Esto incluye la composición genética de las variedades vegetales, las condiciones ambientales del sitio de producción durante el proceso de maduración de la semilla y las buenas prácticas en el proceso técnico de cosecha, almacenamiento y cultivo. (Carvajal, y otros, 2017)

2.11 Calidad Genética

La calidad genética incluye aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos. Los siguientes factores incluyen la viabilidad, la germinación y la vitalidad afectadas por las condiciones de crecimiento de la planta madre durante el desarrollo de la semilla, la madurez de la semilla en la cosecha, la forma del plan de cosecha y las condiciones de ganancia. (Ayala Villegas, Ayala Garay, & Aguilar, 2014).

2.12 Calidad Física

La calidad física incluye características como el contenido de humedad, la densidad y la pureza. Además, hoy en día el tamaño y la forma de las semillas, el peso por mil semillas, el color y los daños causados por insectos y hongos son muy valiosos para las empresas de semillas y los usuarios. (Pérez Mendoza, y otros, 2006)

2.13 Calidad fisiológica

La calidad fisiológica se puede evaluar en pruebas de germinación de semillas en laboratorio. Además, debe complementarse con una evaluación completa de la capacidad de la plántula para crecer en el campo. Entre las características fisiológicas de calidad, la germinación es la más reconocida para determinar la utilidad de una semilla en la siembra. Las pruebas estándar de germinación más utilizadas toman en cuenta criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia y peso de 1,000 semillas. Se puede evaluar la calidad física del grano y el volumen. (García et al., 2018).

Esto incluye la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten que el grano mantenga una alta viabilidad. Principalmente los indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y la vitalidad, los cuales dependen del genotipo y del cuidado que se le dé durante su desarrollo en producción y manejo postcosecha. (Antuna et al., 2003)

2.14 Producción de semilla

Se fomenta la producción de semillas en zonas semiáridas donde se dispone de climas áridos y sistemas de riego. Esto significa un área libre de enfermedades, ya que los frijoles se ven afectados por muchos patógenos que pueden transmitirse a través de semillas, como virus, bacterias y hongos. (González et al., 2008)

2.15 Almacenamiento de semilla

El almacenamiento de semillas es un proceso que involucra factores o entidades biológicas, así como diversos parámetros que afectan la calidad de las semillas, como humedad, germinación, temperatura, hongos e insectos. (Jovel, 2011)

Las semillas, cuando los organismos continúan su respiración fisiológica durante el período de almacenamiento, proporcionan energía en forma de humedad y calor y facilitan las actividades metabólicas de otros organismos que contaminan las semillas, causando daños. Con la calidad de las semillas. (Jovel, 2011)

2.16 Principales causas del deterioro de las semillas

El proceso de deterioro de la semilla está influenciado por factores genéticos y ambientales, en primer lugar, una disminución de la vitalidad y en segundo lugar de la capacidad de germinar. En cuanto a factores genéticos, aparece cuando existen diferencias de variedad y genotipo, y una de las pruebas indirectas que permite observar estas diferencias en poco tiempo es la aceleración del envejecimiento de la semilla. (González et al., 2008)

- La semilla almacenada es de mala calidad.
- Las semillas se almacenan en condiciones de alta humedad.
- El ambiente es demasiado húmedo o demasiado caluroso para almacenar semillas.

2.17 Hongos que afectan a las semillas

Las condiciones óptimas para el crecimiento de estos hongos son una temperatura (T) de 30 ° C y una humedad relativa (RH) del 70%, común en muchas regiones tropicales. Por estas razones, es de primordial importancia que los pequeños productores no solo produzcan semillas de buena calidad, sino que también utilicen un sistema de almacenamiento adecuado para mantener esa calidad hasta el momento de la siembra. (Tabla 2) (Aguirre, 1990).

Tabla 2. Hongos que afectan a las semillas.

Patógeno	Enfermedad
<i>Alternaria solani</i>	Mancha de alternaría
<i>Ascochyta phaseolorum</i>	Mancha ascochyta
<i>Ascochyta sp. phoma exigua</i>	Mancha de ascoquita
<i>Colletotrichum dematium truncata</i>	Sarna
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnosis
<i>Curtobacterium flaccumfasciens pv. flaccumfasciens</i>	Marchites de curtobacterium
<i>Fusarium moniliforme</i>	Pudrición radical
<i>Fusarium oxysporum</i>	Pudrición radical
<i>Fusarium solani f. sp. phaseoli</i>	Pudrición radical
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Pudrición gris
<i>Microbotryum phaseolis</i>	Carbón
<i>Phaeoisariopsis griseola</i>	Mancha angular
<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición radical
<i>Sclerotium rolfsii</i>	Pudrición radical
<i>Thanatephorus cucumeris</i>	Mustia hilachosa
<i>Virus mosaico común de frejol</i>	BCMV
<i>Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli</i>	Añublo bacteriano

(Araya et al., 2013)

2.18 Micotoxinas

Son toxinas cancerígenas derivadas de subproductos, harinas, cereales, frutas y muchas otras sustancias que pueden dañar el organismo animal y transmitirse al ser humano, el

alimento más apto para el consumo humano. La contaminación afecta a los granos y los cereales (maíz, cacahuets), trigo, cebada, avena, etc.). (Bolet Astoviza & Socarrás Suárez, 2005)

Algunos hongos que atacan las semillas se ven abrumados por factores físicos, químicos y biológicos que promueven el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas en los alimentos durante el crecimiento.

2.19 Factores que influyen en la contaminación por hongos y producción.

La siguiente tabla presenta los diversos factores que influyen en la contaminación de los cultivos por hongos u otras especies. (Tabla 3).

Tabla 3. Factores que influyen en la contaminación por hongos y producción.

	Factores	Campo	Recolección	Almacenamiento
Físicos	Humedad	X	X	X
	Temperatura	X	X	X
	Daño Mecánico	X	X	X
	Tiempo	X	X	X
	Mezclado del grano		X	X
Químicos	Oxígeno	X		X
	Dióxido de Carbono	X		X
	Comp. del sustrato			X
	Minerales			X
	Tratamiento Químico			X
Biológicos	Insectos	X		X
	Infección Fúngica	X		X
	Capacidad Genética	X		X
	Diferencias en las var. de plantas	X		X

(Villar, Medina, & Gómez, 2014)

2.20 Métodos de conservación de semillas

El almacenamiento a corto plazo y la regeneración de semillas es una valiosa protección para algunas especies y actualmente es el único método disponible a gran escala para las especies que no pueden tolerar la sequía. El principal objetivo de conservar las semillas es que estén en buen estado para que puedan sembrarse en campo cuando sean necesarias. (Otegui et al., 2007)

En el área de investigación se encontraron diferentes procesos para preservar semillas de diferentes especies. Puede referirse a tres aspectos básicos: el recipiente utilizado, el método de conservación y el lugar donde se utiliza. (Doria, 2010)

2.21 Almacenamiento en sacos

La bolsa está hecha de hilo de yute, tela y materiales sintéticos locales. Son relativamente caras, tienen una vida útil corta, son lentas de manipular y no ofrecen una gran protección contra la humedad, los insectos y los roedores. Su daño priva a los productos almacenados y promueve la infestación de plagas. (Genel, 1996)

Sin embargo, es fácil de manipular y cuando se coloca correctamente, hace circular el aire y se puede almacenar en la casa de un agricultor sin la necesidad de una ubicación especial. Antes de su uso, la bolsa debe lavarse, secarse al sol y garantizar que no se rompa. (Genel, 1996)

Los productos en bolsas deben revisarse al menos cada dos semanas para ver si tienen acceso al interior para calentar granos y semillas, cambios de olor y color y presencia de insectos. Si ocurre este tipo de problema, el grano debe vaciarse nuevamente, lavarse, secarse y posiblemente tratarse con un producto adecuado. (Genel, 1996)

La bolsa debe almacenarse sobre una plataforma de metal, madera o mampostería para que no entre en contacto directo con el suelo. Debe haber espacio entre las paredes del almacén. (Genel, 1996)

2.22 Almacenamiento a granel

El almacenamiento a granel es una práctica común. Este método tiene la ventaja de ser mecanizado, junto con el procesamiento rápido de semillas y granos. En lo contrario, los

ataques de roedores son más probables y la protección contra la recurrencia es inadecuada. (Genel, 1996)

2.23 Almacenamiento hermético

Incluye guardar el producto en una caja para evitar que el aire y la humedad entren en el producto. En estas condiciones, la respiración de las semillas y los insectos (si está presente) agota el oxígeno existente, matando a este último y reduciendo su actividad, dejando que la semilla sobreviva durante largos períodos de tiempo, sin conservación. Ocurre una condición dañada. El contenido de humedad de las semillas o semillas almacenadas debe ser inferior al 9%. (Genel, 1996)

2.24 Vigor de las semillas

El vigor de la semilla se define como la suma de las características de la semilla que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de la semilla o del conjunto de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que producen se consideran semillas de alta viabilidad y las semillas de bajo rendimiento se denominan semillas de baja viabilidad. Los aspectos de comportamiento relacionados con el vigor de la semilla son: a) tasa de germinación y uniformidad de la semilla y desarrollo de la plántula. b) Comportamiento en el campo, incluida la tasa de germinación y uniformidad de las plántulas, y c) Comportamiento después del almacenamiento y transporte, en particular germinación reducida. (Salinas et al., 2001)

2.25 Banco de semillas

Los bancos de germoplasma cubren muchas actividades complejas e interrelacionadas. El primer paso para proteger la diversidad cultivada en esta área es recolectar células germinales de áreas de diversidad genética conocida. Importancia de estudiar su distribución geográfica y sus características físicas y climáticas. (Vázquez, y otros, 2014)

2.26 Longevidad de semillas

Para que las semillas sobrevivan en el suelo, deben exhibir propiedades que les permitan mantener la viabilidad en una variedad de condiciones ambientales y ciertos tipos de latencia.

La semilla ortodoxa se define como la semilla que puede sobrevivir en condiciones de almacenamiento controladas. (Figuerola & Jaksic, 2004)

2.27 Acondicionamiento de semillas

Los lotes de semillas deben colocarse en un lugar o espacio que no sean semillas disponibles comercialmente hasta que estén disponibles los resultados de las pruebas físicas, de salud y de germinación. La realización satisfactoria de estas tres pruebas, incluido el acondicionamiento, incluye la eliminación de impurezas (sustancias inactivas), daños, arrugas, grietas, semillas pequeñas o descoloridas o semillas que no coinciden con la variedad. Este trabajo mejora la calidad fisiológica del lote de semillas al eliminar la degradación. (Figuerola & Jaksic, 2004)

2.28 Conservación de semillas

Debe existir información específica de lo que contiene (tipo, número de lote, fecha). Además, las etiquetas de control de calidad (etiquetas de control de la empresa y etiquetas de la Oficina Nacional de Semillas) se almacenan en un refrigerador a una temperatura entre 20 ° C y 15 ° C y una humedad relativa inferior al 60% en 1 o 2 años. Las bolsas de semillas deben colocarse por separado de las bolsas de semillas comerciales y los pesticidas para no confundir las bolsas de semillas con las bolsas de grano o afectar las bolsas de semillas debido a la toxicidad de los pesticidas. (Figuerola & Jaksic, 2004)

2.29 Viabilidad de semillas

Las semillas que son más viables inicialmente conservan una calidad más duradera que las semillas con baja viabilidad. Durante la maduración y cosecha de las semillas, las condiciones ambientales frescas y secas están presentes en varios lugares, lo que da como resultado semillas recién cosechadas con muy alta viabilidad y germinabilidad. Esta alta tasa de supervivencia inicial puede ser la clave para un suministro exitoso y sostenible de semillas de alta calidad. (Figuerola & Jaksic, 2004)

2.30 Contenido de humedad

La temperatura y humedad general de la zona de acondicionamiento (almacenamiento temporal) puede afectarla, por lo que si la temperatura supera los 24° C y la humedad relativa supera el 70%, costará más y no podrá estar mucho tiempo en acondicionamiento. Según

Harrington, cuando la humedad aumenta 1% y la temperatura aumenta 5 ° C, el tiempo de almacenamiento de las semillas se reduce a la mitad. (Figueroa & Jaksic, 2004)

2.31 Latencia de semilla

Inactivo, latente o letárgico se define como la incapacidad de germinar semillas intactas y viables en condiciones de temperatura, humedad y concentración de gas adecuadas para la germinación. (Varela & Arana, 2011)

2.32 Tipos de semillas

Las semillas ortodoxas no solo conservan su viabilidad, sino que también germinan mejor que antes del almacenamiento. Las semillas ortodoxas resisten hasta un 5% de deshidratación de agua. Por otro lado, los que pueden soportar una humedad del 10% al 12,5% se consideran intermedios y los que pueden soportar la deshidratación del 15% al 50% se denominan endurecedores. (Copete, Herranz, & Ferrandis, 2018)

2.33 Germinación de la semilla

La germinación es la continuación del desarrollo embrionario y se paraliza en la edad adulta tardía. El proceso fisiológico de crecimiento requiere una actividad metabólica acelerada, y las primeras etapas de la germinación consisten principalmente en la activación del proceso aumentando la humedad de la semilla y la actividad respiratoria. (Doria, 2010)

2.34 Capacidad de germinación

Es la tasa máxima de germinación obtenida en condiciones previamente definidas. (Rodríguez Quilón, Adam, & Durán, 2008)

2.35 Velocidad de germinación de semilla

La velocidad de germinación de la semilla es una de las características estudiadas en esta línea ya que es muy importante en la planificación del trabajo agrícola en viveros y estructuras. Se ha demostrado que la velocidad de germinación es el tiempo entre la siembra y germinar completamente. (Araya et al ., 2013)

La velocidad de germinación alcanzada se puede expresar mediante varios indicadores de germinación, tiempo de espera, tiempo de germinación. (Rodríguez et al., 2008)

2.36 Germinación de la semilla de Frejol

Comienza con una apariencia radicular, que luego se convierte en la raíz primaria o principal. En la parte superior de la raíz, unos días más después de la germinación, se desarrollan de 3 a 7 raíces secundarias. Por otro lado, durante la germinación y el desdoblamiento, el desarrollo de los cotiledones corresponde a la parte del tallo ubicada entre el cotiledón y el primer par de hojas primarias o no cotiledóneas.

La germinación comienza con una serie de acciones anabólicas y catabólicas, que incluyen la respiración, la síntesis de proteínas y la movilización de reservas después de la absorción de agua. (Morales et al., 2017)

2.37 Prueba de Tetrazolio

La prueba de tetrazolio es un identificador funcional para determinar la viabilidad de las semillas. En base a lo anterior, la prueba del tetrazolio es una de las más utilizadas por los investigadores para evaluar la viabilidad de semillas de todas las especies. El objetivo del tetrazolio se encuentra en cómo actúan las hidrolasas, especialmente las deshidrogenasas del ácido málico, que reduce las sales de tetrazolio a trifenilformazan en los tejidos que hacen vitales a las semillas. De lo anterior, la solución de tetrazolio da al tejido de la semilla viva un color rojizo por reducción, esto significa que la semilla es viable y el tejido muerto (inexistente) no reacciona con la solución. mantiene su color natural. (Mercado et al., 2018)

Esta prueba es una herramienta importante porque permite estimar de manera rápida y precisa la viabilidad de las semillas y obtener resultados en poco tiempo. (Mercado et al., 2019)

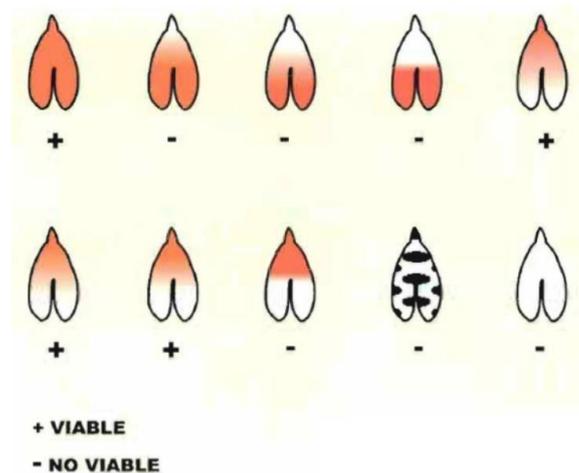


Figura 4. Diferentes patrones de tinción que pueden presentar los embriones de maíz

Fuente: (Perez & Pita, 2014)

2.38 Germinación con Ácido giberélico (AG3)

Los objetivos fisiológicos de las giberelinas endógenas y exógenas en la liberación de semillas latentes se reconocen en varias especies de plantas. Por ejemplo, la aplicación de giberelina en general reemplaza la necesidad de ciertos estímulos ambientales como la temperatura y la luz. (Amador et al., 2013)

Los estudios de cultivo in vitro han demostrado que concentraciones bajas de AG3 pueden promover el crecimiento de brotes y raíces de especies de valor comercial y de hecho el ácido giberélico juega un papel en el eje de crecimiento del tallo, raíces e inflorescencia. Se ha demostrado que su efecto sobre el alargamiento del tallo de varias especies cultivadas in vitro se debe a un aumento de carbohidratos solubles que pueden utilizarse en varios procesos metabólicos. (Amador et al., 2013)

2.39 Prueba de Germinación

Se trata de colocar las semillas en las mejores condiciones ambientales para su germinación según estándares internacionales. Esto se basa en observar todas las partes de la plántula y determinar si están dañadas, son imperfectas y pueden crecer normalmente. Gracias a esta prueba es posible determinar la proporción de plántulas normales o anormales, semillas frescas, duras y muertas presentes en la muestra y su lote representativo. (Bonilla Bird & Néstor, 2014).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo.

El presente experimento se realizó en La Granja “Santa Inés” perteneciente a la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala que se encuentra ubicada a 5.5 km de la vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, Provincia de El Oro.

3.2 Ubicación geográfica

El lugar experimental se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

- **Coordenadas Geográficas:** UTM (Universal Transverse Mercator)
- **Datum:** WGS 84 (World Geodetic System 1984)
- **Zona:** 17 S
- **Longitud:** 79° 54' 05" W **UTM:** 9636128
- **Latitud:** 03° 17' 16" S **UTM:** 620701
- **Altitud:** 5 msnm

3.3 Factores climáticos y ecológicos

Según el clima y ecología de Hábitat Holdridge en las diferentes zonas ecuatorianas, las condiciones agroclimáticas correspondientes al sitio de prueba fueron de 2 a 3 horas de heliofanía por día a una temperatura de 24 -25 ° C. con un bosque muy seco-tropical y una Precipitación anual 400-500 mm. (Quezada Mendoza, 2019)

3.4 Materiales y equipos utilizados

- Semillas de seis variedades de frejol
- Cajas Petri
- Tetrazolio

- Papel filtro
- Atomizador
- Agua destilada
- Ácido Giberélico
- Bisturí
- Pinzas
- Jeringa
- Termómetro
- Gramera
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Libreta de apuntes

3.5 Material vegetal utilizado



Figura 5. Accesiones de *Phaseolus Vulgaris* L., utilizadas en el ensayo.

Fuente: Autor

En el presente experimento se utilizaron por medio del banco de germoplasma de la Universidad Técnica de Machala, de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, semillas recolectadas de diferentes variedades de frejol obtenidas en las diferentes provincias de El Oro.

3.6 Metodología experimental

3.6.1 Diseño experimental

En el presente diseño se realizó la evaluación de dos factores de estudio (Variedad y AG3), de las cuales las variables principales a medir para este estudio es la viabilidad a través de la prueba de tetrazolio y el porcentaje de germinación mediante la prueba de AG3. En este modelo experimental se realizó una prueba de normalidad (Shapiro Wilk), caja de sesgos para ambas variables, seguido de una regresión con el fin de obtener la correlación de estas. Y para determinar la significancia se empleó un ANOVA para la comparación de medias, finalmente se aplicó un modelo lineal multivariante para graficar mediante barras las demás variables de estudio.

3.6.2 Prueba de Viabilidad mediante prueba de Tetrazolio

Este experimento se llevó a cabo en el laboratorio con el fin de observar si las semillas utilizadas son viables por medio de la coloración del embrión (teñido). Seis semillas se utilizaron de forma aleatoria por variedad, se colocó las semillas dentro de una caja petri con su respectivo papel filtro y con 7 ml de agua destilada durante 24 horas con el fin de que la semilla la absorba, Se pesaron 2 gramos de tetrazolio en una gramera luego se colocó la sal de tetrazolio en un vaso de precipitación con 200 ml de agua destilada mezclando hasta que se disuelva completamente, se coloca la mezcla en un envase ámbar para utilizarla una vez que haya ya transcurrido las 24 horas.

Luego de esto se procede a cortar cada semilla a la mitad con una pinza y un bisturí delicadamente, después de haber realizado los cortes se coloca las semillas dentro de las cajas petri con su respectivo papel filtro y con la ayuda de una jeringa se coloca la solución de tetrazolio con sus respectivas cantidades dentro de las cajas petri verificando que las semillas queden bien empapadas de la solución finalmente se espera durante un lapso de 4 horas para observar e interpretar los resultados de la prueba.

3.6.3 Ensayo de germinación mediante la aplicación de la hormona Ag3

El experimento se llevó a cabo para verificar los resultados obtenidos de la prueba de tetrazolio de las seis variedades de frejol, se utilizaron tres dosis de la solución (5 ml, 7 ml y 10 ml) con 12 repeticiones por dosis en cada variedad, teniendo como resultado 216 semillas en total. Las mismas que fueron ubicadas en las cajas petri con su respectivo papel filtro (6 semillas/caja) que luego se las colocaron dentro de una caja para mantenerla en un ambiente oscuro, así mismo se esperó los resultados para evaluarlos para proceder a hacer los análisis estadísticos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron recogidos de dos fases, laboratorio y procesamiento de datos de campo, los cuales fueron tabulados, ordenados, procesados y se realizó unos análisis estadísticos para poder interpretar los datos obtenidos por medio de la representación de tablas y gráficos estadísticos.

De las variables calificadas se consideró interpretar y realizar dos análisis para el objetivo principal del estudio donde evaluamos cual es la viabilidad de semillas por medio del uso de tetrazolio, se utilizó una prueba de normalidad de los datos y el análisis de un ANOVA, adicionalmente una correlación.

Así, se realizó la de primer momento la prueba de normalidad que permite conocer si existe diferencias significativas con las cuales se va aceptar una de las hipótesis H_0 o H_1 .

Tabla 4. Prueba de normalidad para el factor de estudio viabilidad mediante prueba de tetrazolio y prueba de germinación.

Pruebas de normalidad							
Variedad de frejol		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Viabilidad de Semillas prueba de Tetrazolio	Variedad 1	0.288	36	0.000	0.746	36	0.000
	Variedad 2	0.200	36	0.001	0.795	36	0.000
	Variedad 3	0.197	36	0.001	0.846	36	0.000
	Variedad 4	0.233	36	0.000	0.842	36	0.000
	Variedad 5	0.256	36	0.000	0.790	36	0.000
	Variedad 6	0.212	36	0.000	0.840	36	0.000
Pruebas de germinación	Variedad 1	0.260	36	0.000	0.788	36	0.000
	Variedad 2	0.247	36	0.000	0.789	36	0.000
	Variedad 3	0.262	36	0.000	0.856	36	0.000
	Variedad 4	0.261	36	0.000	0.837	36	0.000
	Variedad 5	0.310	36	0.000	0.743	36	0.000
	Variedad 6	0.224	36	0.000	0.740	36	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Así de acuerdo al realizar la prueba de normalidad se observa que de acuerdo a Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov las variedades son significativas debido a que el p-valor definido (0.005) fueron menores. Realizado este proceso se aplicó un ANOVA de un factor.

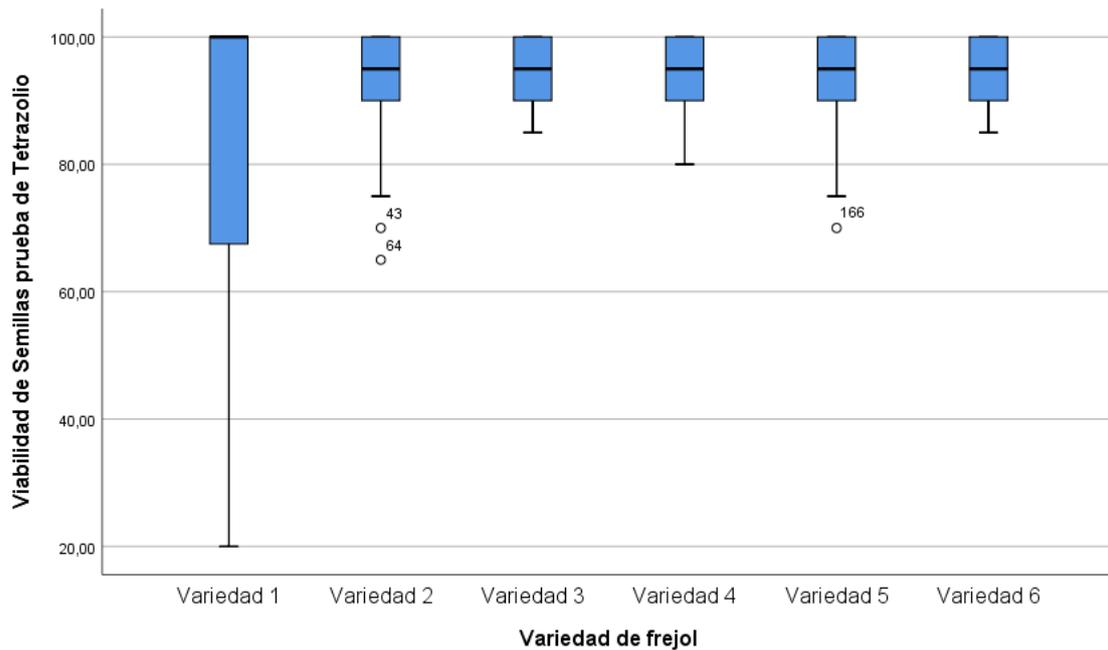


Figura 6. Diagrama de cajas viabilidad de semillas con tetrazolio para las diferentes variedades de frejol.

La comparación de las variables de frejol indica que el mayor sesgo presentado en cuanto a la viabilidad de semillas en las pruebas de tetrazolio se ubica entre el 20 al 100% siendo la variedad 1 la de menor aplicación, siendo los de menor sesgo las variedades 3, 4 y 6. Un valor medio por debajo del 80% se presentó en las variedades 2 y 5.

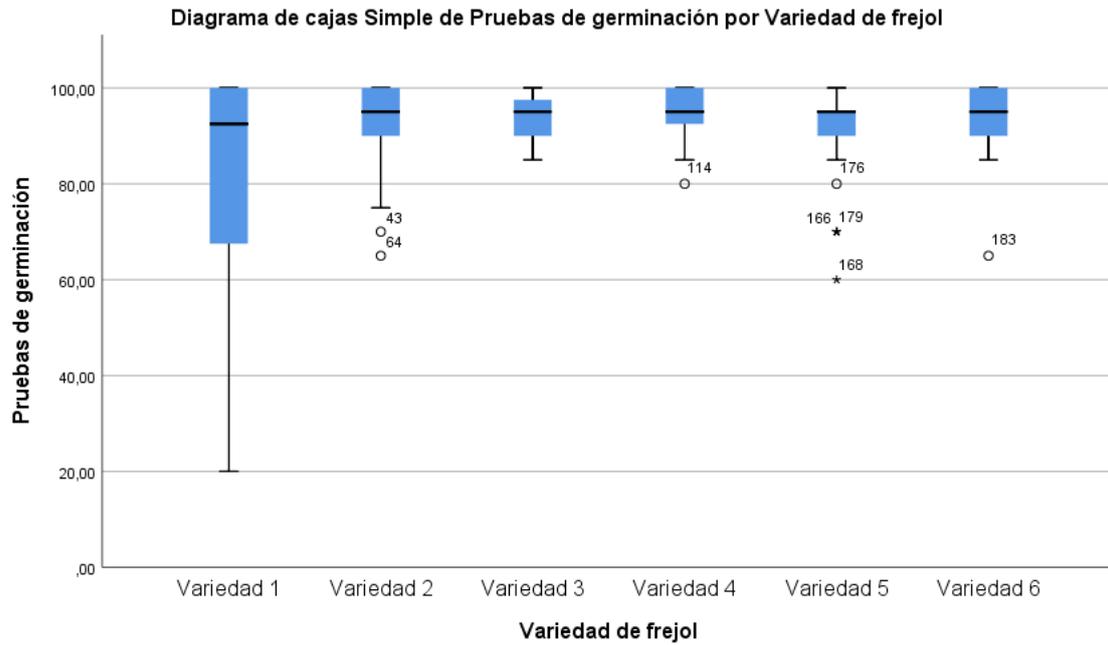


Figura 7. Diagrama de cajas de las pruebas de germinación en las diferentes variedades.

El segundo diagrama de cajas fue para la comparación de las variedades con las pruebas de germinación, se puede observar que Al igual que en la variable viabilidad de semillas con pruebas de tetrazolio en las pruebas de germinación existió un comportamiento homogéneo en todas las variedades excepto en la variedad 1 que era la que presentaba un sesgo en la viabilidad negativa con respecto a las otras variedades.

Tabla 5. Estadística descriptiva de los datos evaluados entre las variedades.

Descriptivos								
Viabilidad de Semillas prueba de Tetrazolio								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Variedad 1	36	84.0278	22.64065	3.77344	76.3673	91.6883	20.00	100.00
Variedad 2	36	92.6389	8.74121	1.45687	89.6813	95.5965	65.00	100.00
Variedad 3	36	94.7222	4.30024	0.71671	93.2672	96.1772	85.00	100.00
Variedad 4	36	94.8611	5.13894	0.85649	93.1223	96.5999	80.00	100.00
Variedad 5	36	93.4722	6.74213	1.12369	91.1910	95.7534	70.00	100.00
Variedad 6	36	94.8611	4.38929	0.73155	93.3760	96.3462	85.00	100.00
Total	216	92.4306	11.34019	0.77160	90.9097	93.9514	20.00	100.00

Por cada variedad se obtuvo 36 N valores los cuales tuvieron media en intervalos de 84 a 93% la mayor desviación estándar se encontró en la variedad 1 la cual tenía una desviación estándar de 3.77344 con límites mínimo de 20 y máximo de 100. En cambio, los otros valores de las variedades evaluadas 2 a 6 estaban entre un mínimo de 65 a 100%.

Tabla 6 Tabla de ANOVA de las variables y las variedades.

Tabla de ANOVA							
			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Radícula a los 3 días * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	0.343	5	0.069	0.463	0.803
		Linealidad	0.119	1	0.119	0.802	0.371
		Desviación de la linealidad	0.224	4	0.056	0.379	0.824
	Dentro de grupos		31.087	210	0.148		
	Total		31.430	215			
Longitud de hipocótilo * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	357.320	5	71.464	71.551	0.000
		Linealidad	20.376	1	20.376	20.401	0.000
		Desviación de la linealidad	336.944	4	84.236	84.338	0.000
	Dentro de grupos		209.745	210	0.999		
	Total		567.065	215			
Largo de hoja * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	56.838	5	11.368	196.064	0.000
		Linealidad	7.168	1	7.168	123.631	0.000
		Desviación de la linealidad	49.670	4	12.417	214.172	0.000
	Dentro de grupos		12.176	210	0.058		
	Total		69.013	215			
Ancho de hoja * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	79.866	5	15.973	180.669	0.000
		Linealidad	0.095	1	0.095	1.078	0.300
		Desviación de la linealidad	79.770	4	19.943	225.566	0.000
	Dentro de grupos		18.566	210	0.088		
	Total		98.432	215			
Raíz principal * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	7.643	5	1.529	0.137	0.984
		Linealidad	5.820	1	5.820	0.521	0.471
		Desviación de la linealidad	1.823	4	0.456	0.041	0.997
	Dentro de grupos		2345.005	210	11.167		
	Total		2352.648	215			
Raíces adventicias * Variedad de frejol	Entre grupos	(Combinado)	5.079	5	1.016	0.134	0.984
		Linealidad	0.486	1	0.486	0.064	0.801
		Desviación de la linealidad	4.593	4	1.148	0.151	0.962
	Dentro de grupos		1595.361	210	7.597		
	Total		1600.440	215			

Las variables donde se aplicó el ANOVA indica que, entre los grupos combinados, las variables que presentaron diferencias significativas entre los grupos con menos al p-valor 0.05 fueron longitud de hipocótilo y largo de la hoja, son los más significativos con respecto a las demás variables evaluadas.

En este sentido, se entiende que la viabilidad de las semillas es buena lo que se observa en la (Figura 6.) los valores se encontraron entre los 80 al 100% siendo valores considerados

como buenos. Sin embargo, en la variedad 1 se observaron valores como atípicos pues no estaban dentro de los parámetros considerados como óptimos indicando que estas semillas no eran viables.

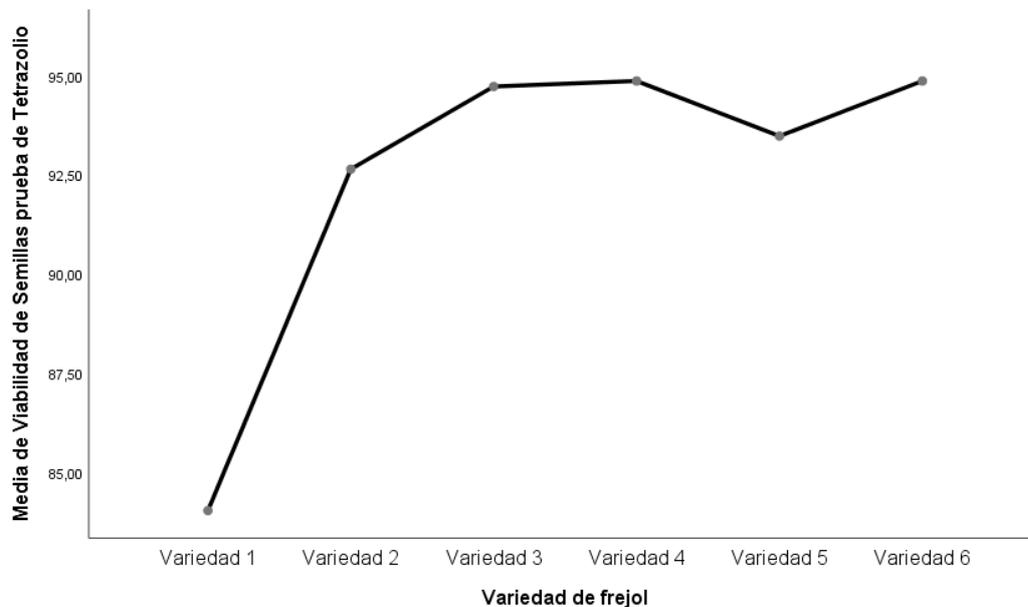


Figura 8. Medias obtenidas de las medias en las diferentes variedades.

De acuerdo (Ulcuango et al., 2018) y (Quezada Mendoza, 2019) estos resultados de buena viabilidad en las semillas se pueden dar debido a el contenido de humedad y temperatura en las cámaras de conservación o almacenes. Debido a estos resultados obtenidos se analizaron las semillas mediante la siembra y se evaluó su comportamiento a los 14 días, donde se recogió los datos de las variables previamente descritas para lo cual se realizaron gráficas de barras con su error específico para las variables evaluadas.

Adicionalmente, se realizó la aplicación de correlación entre los datos de germinación y la variable viabilidad de semillas, donde se evalúan la distribución de la germinación. Se evidencia que el R^2 fue 0.4 siendo un factor de correlación bajo. Sin embargo, se indica que las variedades evaluadas para el caso de germinación y viabilidad son buenos, pero en cierta medida es menor a lo recomendado y superiores al 80% en todos los casos.

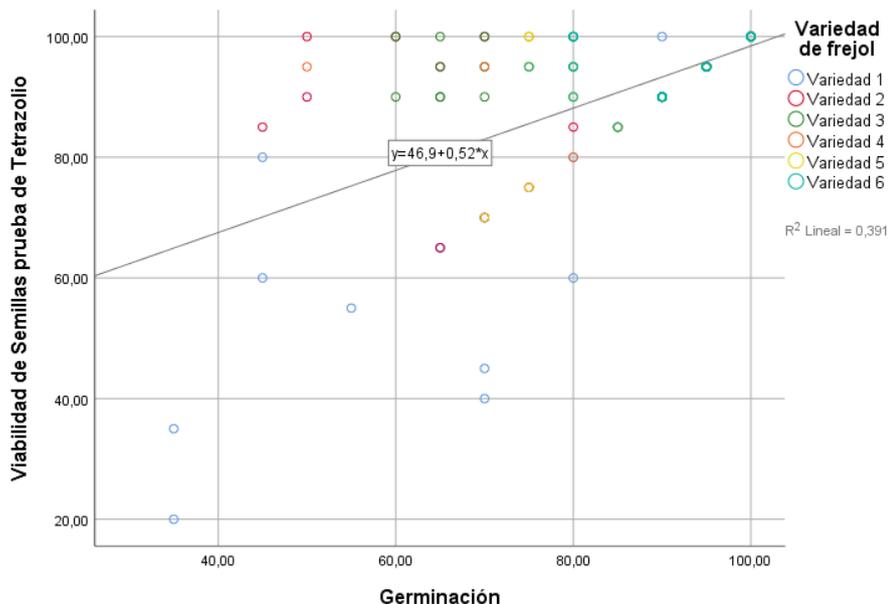


Figura 9. Prueba de correlación entre las variables germinación y viabilidad de semillas de tetrazolio.

Tabla 7. Tabla de correlación de Pearson de acuerdo a la viabilidad de las semillas mediante Tetrazolio y Ag3.

Correlaciones			
		Viabilidad de Semillas prueba de Tetrazolio	Germinación
Viabilidad de Semillas prueba de Tetrazolio	Correlación de Pearson	1	,985**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	216	216
Germinación	Correlación de Pearson	,985**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	216	216

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

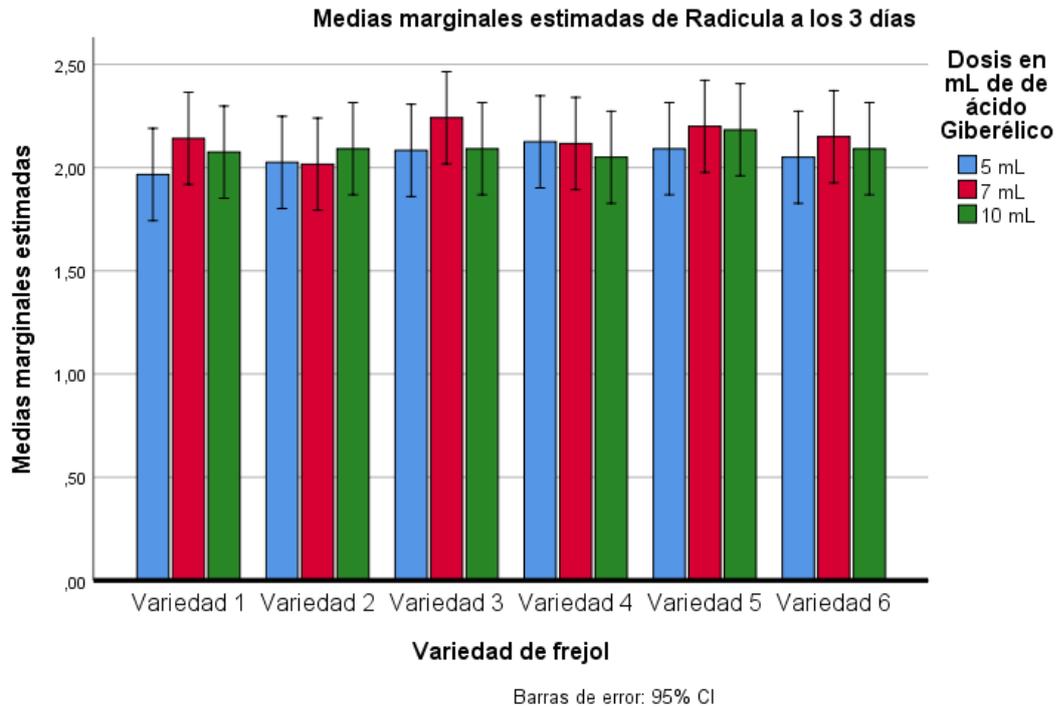


Figura 10. Medias marginales estimadas de la radícula a los 3 días.

La radícula de las semillas permitirá tener un buen desarrollo en el cultivo en este sentido al analizar los datos obtenidos con la aplicación Ag3 en las semillas en la variedad 1 la aplicación de 10 ml tuvo el mejor desarrollo de la radícula, al igual que en la variedad 2, 3 y 6 teniendo el mismo comportamiento cambiando en la variedad 4 y donde los 5 ml dieron la mejor respuesta de manera diferente, en la variedad 5 los 7 ml dieron los mejores resultados. Así desde este punto se debe recomendar la aplicación en la mayoría de las semillas utilizadas en el estudio a 10 ml. Pues un buen desarrollo de la radícula permitirá tener un buen desarrollo del cultivo en el frejol (Bórquez & López, 2018).

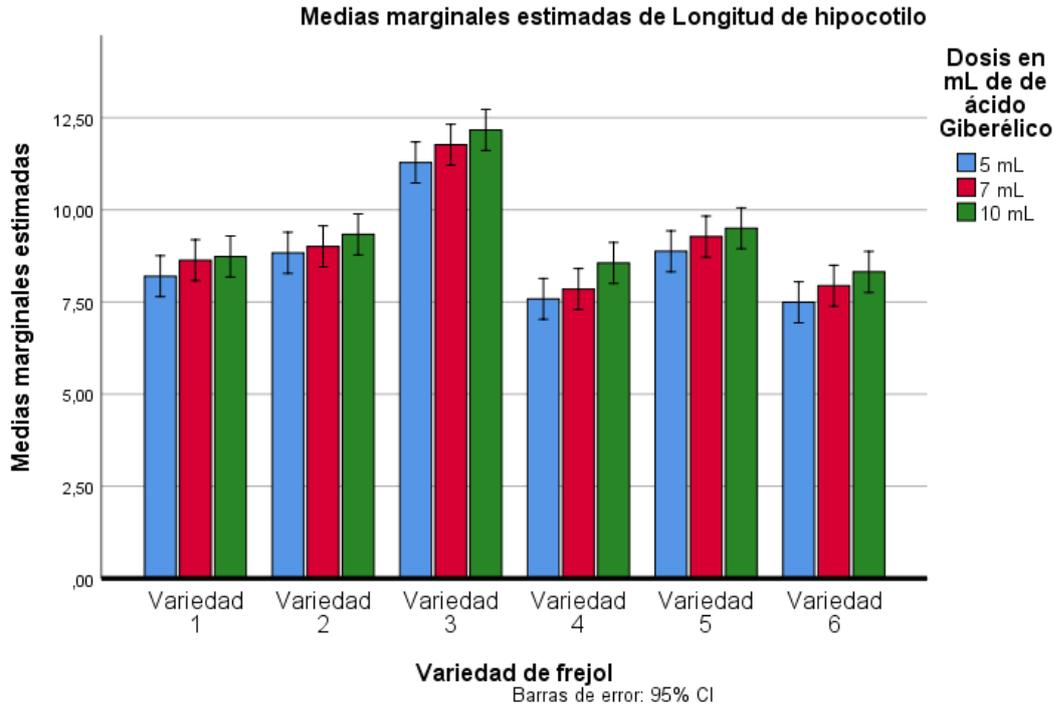


Figura 11 . Medias marginales estimadas de la longitud del hipocótilos

Al igual que la radícula que le permite tener al cultivo un buen desarrollo vegetal a la planta en sus diferentes etapas vegetativas el hipocótilo le permitirá tener una buena morfología al cultivo la cual influirá directamente en el tiempo que la planta alcance su desarrollo óptimo para empezar la producción, adicionalmente tendrá un buen soporte y un sistema conductor de nutrientes a todas las partes de la estructura vegetal del frejol. Aunque esta estructura puede verse influenciada a diversos factores uno de los más importante es el cultivar al que pertenecen (*Barrios-Gómez, y otros, 2012*) lo que se hace evidente en la (Figura 9.) pues las variaciones que se presentan son bastante marcadas entre variedades siendo la variedad 3 la de mejor desarrollo y la variedad 1 la de menor tamaño la misma que en las pruebas de tetrazolio presentó valores bajos en la viabilidad de semillas un comportamiento a tomar en cuenta es que al aplicar 7 ml de Ag 3 los valores promedio disminuyeron lo que se debe considerar como un factor de importancia pues una mala dosificación producirá afectaciones innecesarias.

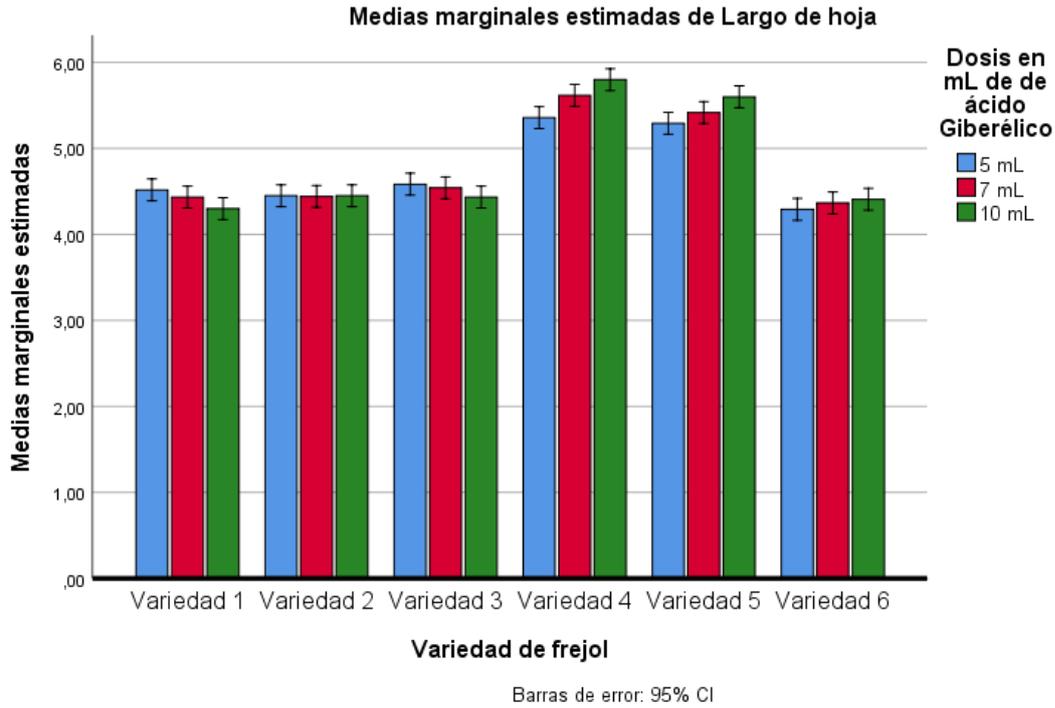


Figura 12. Medias marginales estimadas para largo de hoja de frejol.

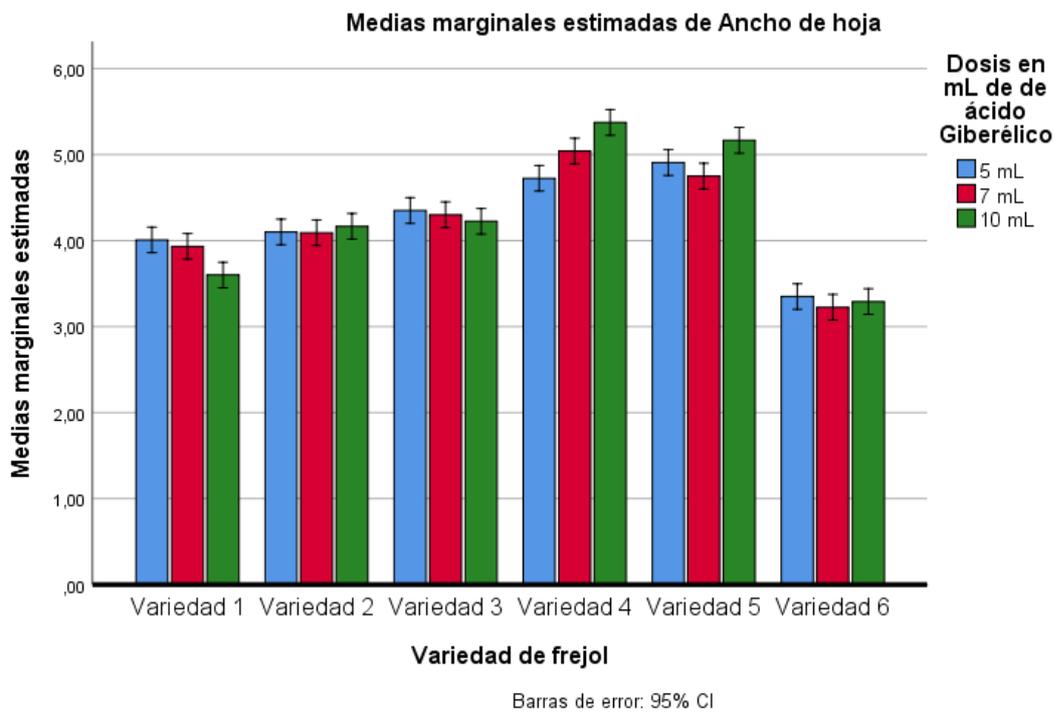


Figura 13. Medias marginales para ancho de la hoja de frejol.

El largo y ancho de las hojas irá en dependencia del cultivar sembrado, esto se refleja en las características morfoagronómicas de frejoles o vinas (Christopher, Guerrero, Batista, & Guncay, 2019) en las variedades evaluadas a los 14 días de revisión la estructura vegetal no presento mayores varios entre ellos más se evidenció que sus tamaños eran similares con rangos

específicos acumulados para largo de hoja de entre 40 a 60 en cambio en ancho de la hoja rangos específicos acumulado de 25 a 50.

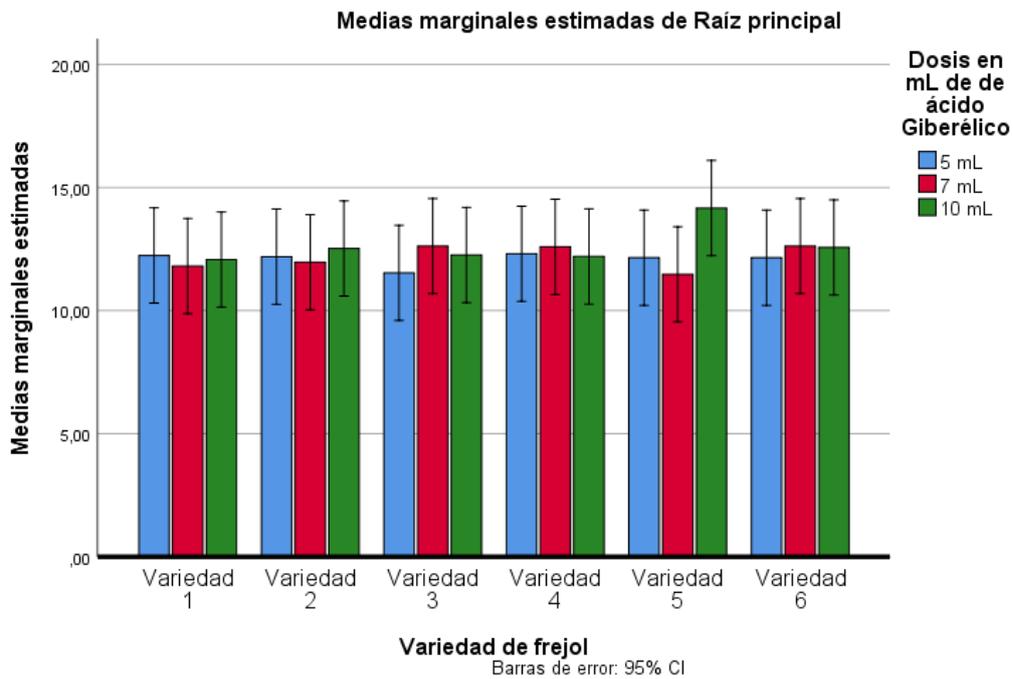


Figura 14. Medias marginales estimadas de raíces adventicias.

La raíz principal del cultivo de frejol es considerada de gran importancia debido a que su estructura casi lignificada y su potencia de penetración en los suelos se convierten en un aporte para poder darle el sostén la planta, además de permitirle a las raíces secundarias y pelos absorbentes absorber de mejor manera los nutrientes del suelo en las diferentes variedades estudiadas la aplicación de 10 ml de Ag3 fue menor con respecto a 7 ml de Ag3 en todas las variedades por lo que se recomendaría esta como la dosis más óptima para un buen desarrollo radicular. Mientras mejor sea el desarrollo radicular de los cultivos se darán mejor absorción de los nutrientes por la planta beneficiando de manera directa esta fertilización a los procesos fisiológicos de la planta, por ende, a la producción y rendimientos del cultivo (Lata et al., 2017).

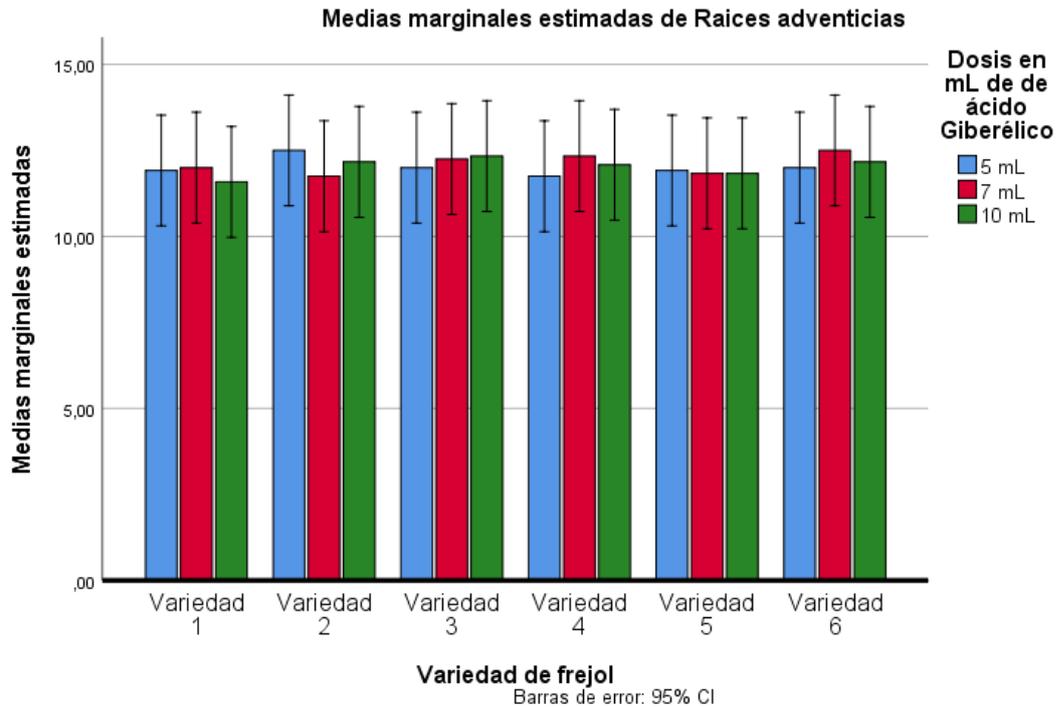


Figura 15. Medias marginales estimadas para raíces adventicias

De la misma manera que en las raíces principales del frejol, las raíces secundarias tienen la capacidad de permeabilidad en los suelos muy buena, por lo que esta planta se asocia a varios cultivos, en el caso de estudio entre las variedades no se presentó diferencia en el número de raíces secundarias en la planta, es importante que el cultivo se mantenga en condiciones óptimas y en base a estos resultados se puede determinar que no existe mayor incidencia en este caso de estudio de Ag3 sobre el número de raíces adventicias presentes en el cultivo.

5 CONCLUSIONES

Al evaluar la viabilidad en seis variedades de frejol mediante pruebas de tetrazolio y germinación se determinó que la variedad 1 tuvo menor viabilidad con rangos que llegan al 20% viables lo que indica que esta semilla no es apta para la siembra, el resto de semillas presentó una buena viabilidad.

El porcentaje de viabilidad de las variedades de frejol utilizando la prueba de tetrazolio tuvieron un rango del 20% al 100% con medias próximas al 100% cambiando en la variedad 1, donde no hubo una buena viabilidad.

La prueba de tetrazolio dio valores significativos importantes para conocer la viabilidad de semillas, las cuales mediante la prueba de germinación con una solución de Ag3 a diferentes dosis se comprobó los supuestos, es importante indicar que al aplicar Ag3 en el cultivo, la variedad 1 que no tuvo buenos resultados con Tetrazolio y con la solución indujo a la germinación.

La dosis de Ag3 que presentó la mejor germinación y desarrollo fue de aplicación de 10 ml, en la mayoría de las variables morfoagronómicas evaluadas

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar la solución de Ag3 cuando la semillas a utilizarse no tengan un buen porcentaje de germinación ya que el ácido induce a una buena cantidad de germinación.
- Es conveniente que las semillas se conserven a la temperatura y humedad relativa óptima para evitar que pierdan su viabilidad.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre. (1990). Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Mesoamericana*, 35-44.
- Amador-Alfárez, K. A., Díaz-González, J., Loza-Cornejo, S., & Bivián-Castro, E. Y. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica*(35), 109-131.
- Antuna, Rincón, Gutiérrez, Ruiz, & Bustamante. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 1(26), 11-17.
- Apáez. (2009). FRCHINO (*Vigna unguiculata* (Walp) L.) SU CULTIVO, IMPORTANCIA ECONÓMICA Y MEDICINAL. *Revista Alternativa*.
- Araujo. (2008). *Botánica sistemática. Facultad de Recursos Naturales ESPOCH*. Escuela Superior Politecnica del Chimborazo.
- Araya, Martínez, López, & Murillo. (2013). Protocolo para el manejo pos cosecha de la semilla de frijol. *Food and Agriculture Organization, San José, Costa Rica. Project GCP/RLA/182/SPA*.
- Ayala Villegas, Ayala Garay, & Aguilar. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista fitotecnia mexicana*, 1(37), 79-87.
- Barrios-Gómez, López-Castañeda, Kohashi-Shibata, Acosta-Gallegos, Miranda-Colín, Canul Ku, & Mayek-Pérez. (2012). Comparación de las estructuras morfológicas en raíz e hipocótilo en frijol. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 655-669.
- Besantes. (2015). *Manejo de los cultivos andinos del Ecuador. In ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas)*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bolet Astoviza, & Socarrás Suárez. (2005). Micotoxinas y cáncer. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 1(24), 54-59.
- Bonilla Bird, & Néstor. (2014). *Programa " Apoyo a la producción de semillas de granos básicos para la seguridad alimentaria de Nicaragua"*. Obtenido de https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf
- Bórquez, & López. (2018). Implementación y evaluación de un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de temperatura radicular en un cultivo de brotes de frijol mungo (*Vigna radiata* L.). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2(14), 44-52.
- Calero, Quezada, Urbina, & Carcache. (2016). Análisis proximal de granos de arroz, frijol, maíz y café comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua. *Universidad y Ciencia*, 14(9), 45-51.
- Carvajal, Márquez, Gutiérrez, González Vera, Arellano, & Ávila. (2017). Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soya. *Edición Especial Revista Alcance*, 73, 76-92.

- Christopher, Guerrero, Batista, & Guncay. (2019). Caracterización morfoagronómica y físico química de 22 accesiones de *Vigna Sp.* pertenecientes al banco de germoplasma de la UTMACH. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2(7), 87-93.
- CIAT. (2012). Centro Internacional de Agricultura Tropical; Palmira – Colombia. .
- Copete, Herranz, & Ferrandis. (2018). Inducción de latencia en semillas desecadas de *Scorzonera reverchonii* (Compositae) conservadas a baja temperatura. *Bosque*, 1(39), 137-143.
- Cornelio. (2015). *Adaptabilidad de cinco variedades de frijol (Phaseolus vulgaris), en la finca Angamarca la vieja del cantón Pangua, provincia de Cotopaxi año 2013*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Debouck, & Hidalgo. (1985). Morfología de la planta de frijol común. Programa de las Naciones Unidas (PNUD).
- Doria. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. 1(31).
- Doria. (s.f.). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales. 1(31), 00-00.
- FAOSTAT. (2020). Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.
- Figuerola , & Jaksic. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista chilena de historia natural*, 1(77), 201-215.
- García-Rodríguez, Ávila-Perches, & Gám. (2018). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Revista fitotecnia mexicana*, 1(41), 31-37.
- Genel. (1996). Almacenamiento y conservación de granos y semillas.
- González Torres, Mendoza Hernández, Covarrubias Prieto, Morán Vázquez, & Acosta Gallegos. (2008). Rendimiento y calidad de semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del Bajío. *Agricultura técnica en México*, 4(34), 421-430.
- Joffre, L. P. (2013). Evaluación del control químico de la Antracnosis (*Colletotrichum lindenoethianum*) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad – Toa en la zona de Cahuasquí Provincia de Imbabura.
- Jovel. (2011). *Evaluación de tres métodos de almacenamiento de semilla de maíz (Zea mays) y su efecto en los atributos de calidad en Zamorano*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana 2012.
- Lardizabal, Arias, & Segura. (2013). *Manual de producción de frijol*. Cortes. Honduras: USAID.
- Lata-Tenesaca, Villaseñor-Ortiz, & Chabla-Carrillo . (2017). Fraccionamiento de la absorción de nutrientes en cuatro etapas fenológicas del cultivo de fréjol. *Revista Universidad y Sociedad*, 1(9), 20-27.
- Lezama, & Morfin. (1992). Velocidad de germinación de veintinueve especies forestales tropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 72(17), 3-26.

- Martínez, Haramboure, Gil, & Monte. (2019). Arvenses presentes en cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) de siembra intermedia y su influencia en el rendimiento agrícola. *3*(46), 58-66.
- Mendoza Elos, Cortez Baheza, Rivera-Reyes, Rangel Lucio, Andrio Enríquez, & Cervantes Ortiz. (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (X *Triticosecale* Wittmack). *Agronomía Mesoamericana*, *2*(22), 309-316.
- Mercado, Bayona, & Caleño. (2018). Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio. *3*(23), 46-56.
- Mercado, Caleño, & Urbano. (2019). Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, *2*(15), 7-15.
- Morales Santos, Peña Valdivia, García Esteva, Aguilar Benítez, & Kohashi Shibata. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *1*(51), 43-62.
- Moya, Guevara, Mesa, Vizcaino, & Leon. (2019). Comparación de seis variedades de frijol en el rendimiento y sus componentes en Chaltura, Imbabura, Ecuador. *Cultivos Tropicales*. *4*(40).
- Otegui, Sorol, Fleck, & Klekailo. (2007). Madurez fisiológica, germinación y conservación de semillas de guayabito (*Psidium cuneatum* Camb.-Myrtaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, *29*, 160-169.
- Peralta, Murillo, Mazon, & Rodriguez. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la sierra ecuatoriana.
- Peralta, Murillo, Rodriguez, & Mazon. (2014). Catálogo de variedades mejoradas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la sierra ecuatoriana. Incluye huella digital y razas. Quito, Ecuador. 3 Ed. .
- Pérez Mendoza, Hernández Livera, González Cossio, García de los Santos, Carballo Carballo, Vásquez Rojas, & Tovar Gómez. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *3*(32), 341-352.
- Perez, & Pita. (2014). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. *1*, 1-5.
- Quezada Mendoza. (2019). Evaluación de la viabilidad de semillas de maíz (*zea mays* L.) mediante pruebas de tetrazolio y espectroscopía de infrarrojo.
- Rodriguez Quilón, Adam, & Durán. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, *912*(78), 836-842.
- Rossi, Bitocchi, Bellucci, Nanni, & Rau. (2009). Linkage disequilibrium and population structure in wild and domesticated populations of *Phaseolus vulgaris* L.
- Salazar, & Delgado. (2018). Viabilidad de semillas de *Glycine max* (L.) utilizando la prueba de tetrazolio. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, *2*(9), 89-98.
- Salinas, Yoldjian, Craviotto, & Bisaro. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*(36), 371-379.
- Samayoa. (2010). Explotación de la nueva variación genética y mejora genética del complejo de *Phaseolus vulgaris* (L.). 93.

- Sánchez Trejos. (2009). Importancia de la calidad nutritiva del frijol comun. .
- Torres Navarrete, E., Quisphe Caiza, D., Sánchez Laíño, A., Mariana, R., González Osorio, B., Torres Navarrete, A., . . . Haro Chong, A. (2013). Caracterización de la producción de Frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: caso Comuna Panyatug. *Revista Ciencia y Tecnología*, 1(6), 23-31.
- Torres, E. (2013). CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN LA PROVINCIA DE.
- Ulcuango, Flores, Gómez, & Cabezas. (2018). Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Imbabura. *Tópicos en ciencias agropecuarias*, 46.
- Ulloa, & Ramírez Ramírez. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *CONACYT*.
- Valladares. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Serie Lecturas Obligatorias: Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico. Departamento de producci.
- Varela, & Arana. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*(3), 1-10.
- Vargas Ávila, & Villamil Lozano. (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*Vigna Unguiculata* L.) cultivado en el departamento del Tolima. *Vitae*, 1(19), S320-S321.
- Vázquez, Patricia, Muruaga Martínez, Mayek Pérez, Pérez Guerrero, & Ramírez Sánchez. (2014). Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), 191-200.
- Villar, Medina, & Gómez. (2014). La aflatoxicosis: Un problema a resolver dentro de la Medicina Veterinaria. *EDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 2(15), 1-34.



Anexo 1. Variedades de Semillas de frejol cortadas antes de aplicar tetrazolio



Anexo 2 Resultado de la prueba de tetrazolio después de 24 horas



Anexo 3 Prueba de germinación con Ag3



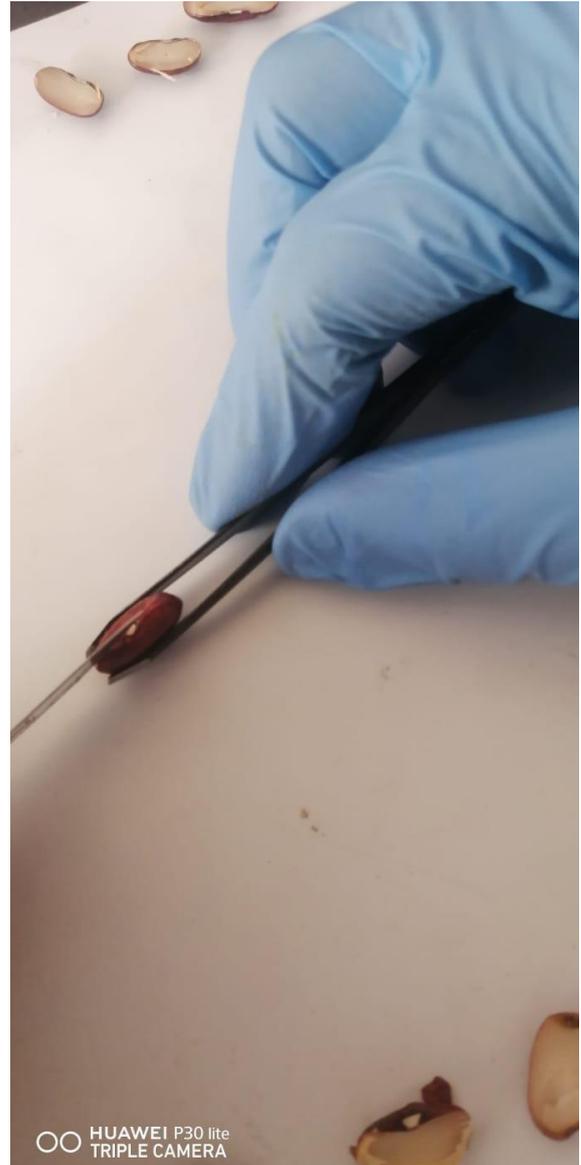
Anexo 4 Ubicación de semillas de las 6 variedades de frejol en las cajas Petri para aplicación de Ag3



Anexo 5. Aplicación del Tetrazolío para la tinción de la semilla



Anexo 6 Aplicación de la solución de Ag3 den las semillas de las 6 variedades de frejol en las cajas Petri



Anexo 7. Corte longitudinal de semillas para la aplicación del tetrazolio



Anexo 8 Toma de Radícula (3 días)



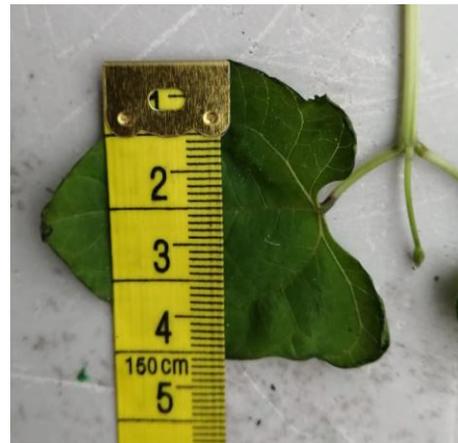
Anexo 9 Toma de datos de tamaño de raíz principal y cantidad de raíces adventicias



Anexo 10 Toma de datos de Hipocótilo



Anexo 11. Toma de datos de largo de la hoja



Anexo 12. Toma de datos de ancho de la hoja