

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



**Secuencia de siembra en asociación del cultivo de caupi
(*Vigna unguiculata* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en agricultura
sucesional, centro poblado Natividad, Pichari
485 msnm, Cusco, 2017**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROFORESTAL**

**PRESENTADO POR:
Orlandín Bequer Palomino De La Cruz**

Ayacucho – Perú

2019

A Dios, por darme salud, sabiduría y el entendimiento para culminar mis estudios. Gracias, por ser el guiador de mi camino.

A mis hermanos Jhon, Elizabeth, Betzabeth y Fiorela, que con su esfuerzo y abnegada labor hicieron posible la culminación de mis estudios superiores.

A mi padre Antioco S. Palomino Quispe y a mi madre Leonilda De La Cruz Ccarhuas, por darme la vida, quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí, una persona con valores para poder desenvolverme como profesional.

A mi esposa e hijo Tania Lazo Quispe y Ayrton Palomino Lazo, que me apoyaron de manera directa e indirectamente en la materialización del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *alma máter*, fuente de sabiduría y enseñanza, por brindarme la oportunidad de asimilar en sus aulas los conocimientos para lograr mis objetivos.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, a la plana de docentes, por haber impartido sus conocimientos y por haberme formado profesionalmente.

Al Ing. Sixto M. Villagaray Yanqui, por su valiosa orientación y asesoramiento para la concretización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Rolando Bautista Gómez, por su valiosa orientación y asesoramiento para la concretización del presente trabajo de investigación.

A mis amigos, compañeros y demás personas que me brindaron su apoyo incondicional durante la ejecución del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	11
Introducción	13
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	15
1.1. Del frijol caupi	15
1.1.1. Origen y distribución	15
1.1.2. Rizoma o bulbo	15
1.1.3. Características morfológicas	16
1.1.4. Factores productivos del frijol caupí.....	18
1.1.5. Manejo agronómico	19
1.1.6. Sistemas de siembra asociado	20
1.1.7. Condiciones para una producción rentable de frijol	21
1.1.8. Plagas y enfermedades	23
1.2. Del maíz amarillo duro	24
1.2.1. Centro de origen.....	24
1.2.2. Maíz amarillo duro.....	25
1.2.3. Clasificación taxonómica del maíz amarillo duro.....	25
1.2.4. Descripción morfológica del maíz amarillo duro	26
1.2.5. Suelo y clima.....	28
1.2.6. Manejo agronómico	29
1.2.7. Plagas y enfermedades	32
1.3. Teorías y enfoques del cultivo asociado	33
1.4. Antecedentes de la investigación asociación caupi y maíz.....	34
1.5. Secuencia de siembra y agricultura sucesional	35
1.6. Principios y ejemplos de sistemas agroforestales	38
1.6.1. Los principios de la sucesión natural	38

1.6.2. La dinámica de la sucesión natural	39
1.6.3. Procesos sucesionales	41
1.6.4. Consecuencias al no respetar la sucesión natural.....	45
1.6.5. Manejo del sistema para aprovechar la dinámica de la sucesión natural.....	46

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA 49

2.1. Ubicación	49
2.2. Análisis físico - químico del suelo.....	49
2.3. Condiciones climáticas	50
2.4. Material genético.....	53
2.5. Tratamientos.....	53
2.6. Croquis del experimento	53
2.6.1. Características del campo experimental.....	53
2.6.2. Características de la unidad experimental.....	54
2.7. Diseño experimental	56
2.8. Variables de evaluación	57
2.8.1. Cultivo de maíz	57
2.8.2. Cultivo de frijol caupí	58
2.9. Análisis estadístico.....	59
2.10. Rentabilidad económica.....	59
2.11. Instalación y conducción del experimento.....	59
2.11.1. Habilitación del terreno.....	59
2.11.2. Abonamiento.....	59
2.11.3. Siembra	60
2.11.4. Raleo	60
2.11.5. Riego	60
2.11.6. Deshierbe	60
2.11.7. Control fitosanitario	61
2.11.8. Cosecha	61
2.11.9. Secado	61
2.11.10. Selección y desgrane	61

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 62

3.1. Cultivo de maíz	62
----------------------------	----

3.1.1. Variables de precocidad	62
3.1.2. Variables de productividad	64
3.2. Cultivo de frijol caupí	73
3.2.1. Variables de precocidad	73
3.2.2. Variables de productividad	75
3.3. Mérito económico de los tratamientos	82
Conclusiones	85
Recomendaciones	86
Referencias bibliográficas.....	87
Anexos	91

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1.	Distanciamiento de siembra del frijol caupi entre surcos y golpes...	19
Tabla 1.2.	Número de plantas de maíz por hectárea en siembra en línea o hilera.....	30
Tabla 1.3.	Número de plantas de maíz por hectárea en siembra por golpes.....	31
Tabla 1.4.	Atributos de las plantas en los primeros estados de la sucesión.....	41
Tabla 2.1.	Características físicas y químicas del suelo del Fundo Natividad, Pichari- 485 msnm – La Convención – Cusco.....	49
Tabla 2.2.	Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2012 de la Estación Meteorológica KIMBIRI- Cuzco.....	51
Tabla 2.3.	Tratamientos establecidos. Pichari, Cuzco 485 msnm.....	53
Tabla 2.4.	Secuencia de siembra del maíz y frijol caupi.....	60
Tabla 3.1.	Precocidad (dds) de secuencia de siembra en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm-Pichari.	62
Tabla 3.2.	ANVA de la longitud de mazorca en las diferentes secuencia de siembra y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari.....	64
Tabla 3.3.	Prueba de Tukey de la longitud de mazorca en secuencia de la asociación y monocultivo del maíz. Natividad 485 msnm- Pichari..	64
Tabla 3.4.	ANVA del peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari.....	65
Tabla 3.5.	Prueba de Tukey del peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari.....	66
Tabla 3.6.	ANVA del número de hileras de la mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari.....	67
Tabla 3.7.	Prueba de Tukey del número de hilera por mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari.....	67
Tabla 3.8.	ANVA del número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm Pichari.....	68
Tabla 3.9.	Prueba de Tukey del número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485	

	msnm. Pichari.....	69
Tabla 3.10.	ANVA de rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz 485 msnm-Pichari.....	70
Tabla 3.11.	Prueba de Tukey del rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz Natividad 485 msnm. Pichari.....	70
Tabla 3.12.	Precocidad (dds) de secuencia de siembra en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari.	73
Tabla 3.13.	ANVA de la longitud de vainas del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm Pichari.....	75
Tabla 3.14.	Prueba de Tukey de la longitud de vainas (cm) del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm- Pichari.....	76
Tabla 3.15.	ANVA del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari.....	77
Tabla 3.16.	Prueba de Tukey del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari.....	77
Tabla 3.17.	ANVA del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari.....	78
Tabla 3.18.	Prueba de Tukey del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm- Pichari.....	79
Tabla 3.19.	ANVA del rendimiento de frijol al 14 % H en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari.....	80
Tabla 3.20.	Prueba de Tukey del rendimiento de grano en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol Caupí. Natividad 485 msnm-Pichari.....	80
Tabla 3.21.	Estudio económico de tratamientos en la secuencia de la asociación maíz y frijol Caupí. Pichari 485 msnm.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Ciclo de vida de una planta anual en la sucesión natural.....	39
Figura 1.2. Dinámica de desarrollo maíz, papaya y cacao creciendo en forma conjunta en la sucesión natural.....	39
Figura 1.3. Dinámica de desarrollo de maíz, papaya y cacao en el momento de maduración en la sucesión natural.....	40
Figura 1.4. La sucesión natural según Ernst Götsch (1995).....	44
Figura 1.5. Producción agrícola dentro del esquema de sucesión natural.....	45
Figura 2.1. Temperaturas máxima, mínima, promedio y precipitación mensual. Kimbiri, Cuzco 2012.....	52
Figura 2.2. Croquis experimental.....	54
Figura 2.3. Unidad experimental del monocultivo de maíz.....	55
Figura 2.4. Unidad experimental del monocultivo del frijol caupí.....	55
Figura 2.5. Unidad experimental del cultivo de maíz asociado con el frijol caupí.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Costo de producción de la instalación de una hectárea de maíz amarillo duro.....	92
Anexo 2. Costo de producción de la instalación de una hectárea de frijol caupi..	93
Anexo 3. Costo de producción de la instalación de una hectárea de maíz amarillo duro y frijol caupi asociado.....	94
Anexo 4. Datos biométricos promedio del maíz amarillo duro, Natividad – Cusco 485 msnm.....	95
Anexo 5. Datos biométricos promedio del frijol caupi, Natividad – Cusco 485 msnm.....	96
Anexo 6. Panel fotográfico.....	97

RESUMEN

Investigación desarrollada en el centro poblado Natividad, distrito de Pichari, provincia La Convención, departamento de Cusco. Se estudió la secuencia de siembra del cultivo asociado de maíz: 5, 10, 15 y 20 días antes de la siembra del frijol caupí, siembra del frijol caupí: 5, 10, 15 y 20 días antes del maíz, siembra simultánea de frijol caupí y maíz y siembra en monocultivo de maíz y frijol caupí, bajo el sistema de agricultura sucesional, con los siguientes objetivos: 1) determinar la mejor secuencia de siembra en asociación frijol caupí – maíz, en agricultura sucesional; 2) determinar el rendimiento de frijol caupí y maíz en monocultivo y asociación en agricultura sucesional; y 3) estimar el índice de rentabilidad de los tratamientos estudiados. Se utilizó diseño estadístico Bloque Completo Randomizado, con 11 tratamientos y 03 bloques. Se sembró ambas especies, en surcos distanciados a 80 cm y 60 cm entre golpes, utilizando 3 semillas por golpe, en forma intercalada. La secuencia de siembra más adecuada en el cultivo asociado frijol caupí y maíz fue la siembra de maíz 20, 15 y 10 días antes de la siembra del frijol y siembra de frijol 20 y 15 días antes de la siembra del maíz, con las cuales se obtuvieron mayores rendimientos tanto en maíz y frijol. Los mayores rendimientos de maíz se obtuvieron con la siembra en monocultivo (T₁₁), siembra de maíz 20, 15, 10 y 5 días antes de la siembra del frijol (T₄, T₃, T₂ y T₁) con rendimiento de 8 900.3, 8 406.5, 8 030.6, 7 559.7 y 7 015.2 kg.ha⁻¹, respectivamente. Los mayores rendimientos de frijol caupí se obtuvieron con siembra en monocultivo (T₁₀), siembra de frijol 20 y 15 días antes de la siembra del maíz (T₈ y T₇) con 3 113.6, 2 923.5 y 2 805.1 kg ha⁻¹ de granos, respectivamente. Los mayores índices de rentabilidad se obtuvieron con siembra de maíz 5, 10, 15 y 20 días antes de la siembra de frijol con 2.30, 2.30, 2.27 y 2.26, respectivamente.

Palabras clave: Caupí (*Vigna unguiculata* L.) maíz (*Zea mays* L.), sucesional.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de maíz asociado con frijol ha sido una práctica común por los pequeños agricultores, de muchos pueblos mesoamericanos, con características similares al Valle del Río Apurímac, Ene y Mantaro. Este sistema de producción posee ciertas ventajas agronómicas, como la regeneración natural de la fertilidad del suelo mejorando rápidamente los aspectos físicos, químicos y biológicos, facilitando la exploración más profunda de raíces, aprovechamiento de la humedad y la mejoría en la oxigenación del suelo, por lo que ofrece mejores condiciones para una buena producción de los cultivos, existiendo una mejor utilización del terreno de cultivo.

El cultivo asociado de maíz y frijol caupi bajo un sistema de agricultura sucesional protege físicamente el suelo del sol, la lluvia y el viento, y reemplazan la función de la labranza y equilibran los nutrientes del suelo. En lugar de incorporar al suelo la biomasa, como abonos verdes, cultivos de cobertura o residuos vegetales, en la agricultura sucesional estos se dejan en la superficie del suelo. La biomasa muerta sirve como protección física de la superficie del suelo y como sustrato para la fauna del suelo. De esta forma se reduce la mineralización y se construyen y mantienen niveles apropiados de materias orgánicas en el suelo.

El objetivo de la agricultura sucesional es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de los tres principios de la agricultura de conservación: 1) perturbación mínima del suelo; 2) cobertura permanente del suelo y 3) la rotación de cultivos. La agricultura sucesional ofrece un potencial enorme para toda clase de tamaño de fincas y sistemas agroecológicos; sin embargo, su adopción es más necesaria para los pequeños productores.

La agricultura sucesional combina una producción agrícola rentable con una protección del ambiente, y la sostenibilidad; y se ha mostrado capaz de funcionar en un amplio rango de zonas agroecológicas y sistemas de producción.

La secuencia de siembra en asociación del cultivo de frijol caupí con el maíz, en agricultura tradicional, es una práctica en la que dos cultivos hacen uso del mismo terreno con siembras anticipadas y retrasadas con la finalidad de generar un uso eficiente del suelo y permitir un crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo y consecuentemente una alta productividad.

Por las razones planteadas se condujo el presente experimento con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

1. Determinar la mejor secuencia de siembra en asociación de frijol caupí y maíz, en agricultura sucesional.
2. Determinar el rendimiento de frijol caupí y maíz en monocultivo y asociación en agricultura sucesional.
3. Estimar el índice de rentabilidad de los tratamientos estudiados.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. DEL FRIJOL CAUPI

1.1.1. Origen y distribución

HOLLOWELL & HENSO (1972) mencionan que en el frijol la palabra caupi deriva de la pronunciación en inglés de cowpea. Sirve para nominar a los frejoles del género *Vigna* de mayor distribución geográfica y producción a nivel mundial. Su origen se encuentra en el continente africano, donde posee una gran diversidad genética y morfológica y el nombre científico actualizado es *Vigna unguiculata* (L) Walp.

1.1.2. Clasificación taxonómica

SUMMRFIELD *et al* (1994) describe la taxonomía del Caupi

Reino	: Vegetal
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Faboideae
Tribu	: Phaseoleae
Subtribu	: Phaseoleae
Género	: <i>Vigna</i>
Especie	: <i>Ungiculata</i> L. Waulp
Nombre científico	: <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp
Nombre común	: Caupi, frejol Castilla, chileno

1.1.3. Características morfológicas

CAMARENA (1994) y OSPINA (1995) sostienen que la morfología de la planta tiene un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias. Los tallos son delgados y débiles, angulosos, y de alturas muy variables. El porte de la planta está determinado por la forma de los tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, la planta tendrá un crecimiento determinado (variedades enanas o erectas) y si el tallo no produce esta inflorescencia terminal y las inflorescencias aparecen en las axilas, la planta tendrá un crecimiento indeterminado (variedades guiadoras o trepadoras). Existen variedades precoces o de maduración uniforme (70 días) de tipo determinado y las tardías (6 a 8 meses), de tipo indeterminado, que presentan.

a) Raíz

CAMARENA (1994) indica que es profunda y pivotante (hasta 1.95 m.), tiene abundantes ramificaciones laterales, pudiendo alcanzar una longitud de 1.40 m., por lo que las plantas pueden absorber mayor cantidad de agua y nutrientes en comparación a los frijoles comunes. En sus raíces crecen los nódulos, que son protuberancias donde viven las bacterias del género *Rhizobium* que son las encargadas de fijar el nitrógeno del aire y que la planta utiliza para su nutrición.

b) Tallos y ramas

CAMARENA (1994) manifiesta los tallos y las ramas presentan una forma cilíndrica con ligeros bordes, algunas veces son glabros (sin pubescencia) y huecos, presentan diferente coloración de acuerdo a la especie. El número de Manual de cultivo de frijol caupi, entrenudos y guías o ramas laterales es variado y en los tipos indeterminados al crecer las ramas laterales tienden a enrollarse y entrelazarse. La ramificación se origina en la parte basal del tallo y comienza a los 15 o 20 días después de la emergencia. La planta presenta diferentes hábitos de crecimiento: erecto, semierecto, postrado y semipostrado. El tamaño de la planta varía entre 25 cm (tipos erectos) y 80 cm (tipos semierectos). En los postrados, no se registra altura de planta.

c) Hojas

CAMARENA (1994) menciona que las hojas primarias o embrionarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta y las hojas verdaderas son trifoliadas. La forma de los

foliolos puede ser lineal, lanceolada u ovalada. La orientación de las hojas es de tipo plano en las variedades cultivadas y erectas en las variedades silvestres. El área foliar se incrementa con la edad de la planta. El número de hojas producido por cada planta es alto, de ahí que el fríjol caupi pueda usarse como forraje o abono verde. En la etapa de fructificación las hojas caen, este proceso se acentúa cuando existe déficit de agua.

d) Inflorescencia y flor

VALLADOLID (1993) señala que el primer tallo floral se origina en la axila, entre las hojas y el tallo, se desarrolla en la parte media de las plantas; a partir de esta, la floración progresa hacia arriba y hacia abajo. Las flores se dan en pequeños racimos y dependiendo de la variedad, son: blancas, blancas con manchas moradas, moradas o amarillas. Presentan 5 pétalos que reciben nombres específicos, un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados que forman la quilla. Las flores son hermafroditas, por lo que son preferentemente autogamas. Sin embargo, existe un 5 % de polinización cruzada, principalmente por insectos.

e) Fruto

VALLADOLID (1993) menciona que es una vaina lineal o encorvada que alcanza un tamaño de 10 a 25 cm. de longitud y de 1.5 a 3.2 cm. de diámetro. Contiene de 6 a 21 granos por vaina. Las vainas pueden ser de color verde o presentar moteados púrpura o rojizo en sutura y valvas. Las valvas están adheridas al pedúnculo formando ángulos de 30 a 90°; son erectos o colgantes, dependiendo del ángulo que formen. Por su forma las vainas pueden ser derechas o presentar cierto grado de curvatura. Generalmente en cada tallo floral sólo 2 ó 3 flores se convierten en vainas y el lapso en que las semillas se desarrollan en las vainas, es de 20 a 25 días.

f) Semilla

OSPINA (1995) menciona que comprende la cubierta o cáscara, los cotiledones, el embrión y el hilio u ojo de semilla. Difiere en cuanto a color pueden ser: crema, marrón rojizo, negro y en algunas variedades presentan manchas pequeñas de diferente tamaño; y en forma de aspecto redondo, oval y cuadrada. Su textura es lisa, áspera o rugosa. El tamaño está determinado por el peso de 100 semillas. Así, se considera:

Tamaño grande (peso de 100 semillas) > 25 gr tamaño mediano (peso de 100 semillas)
Tamaño pequeño (peso de 100 semillas) entre 18 y 25 gr < de 18 gr.

1.1.4. Factores productivos del frijol caupí

a) Adaptación

INIA (2001) indica que crece en climas de trópico húmedo de África, Asia Suroriental y América Central; mayormente entre las latitudes 30°N y 30°S. En Perú, se le cultiva desde Lima a Tumbes, siendo Lambayeque y Piura, los departamentos que cuentan con las mayores áreas sembradas. También se le cultiva a en la región de la Selva.

b) Clima

INIA (2001) menciona que requiere de temperatura entre 18 °C y 40°C, con un rango óptimo entre 20°C y 35°C, no tolera las heladas y las temperaturas mayores a 40°C afecta la floración y el desarrollo de las vainas. La temperatura óptima del suelo para una adecuada germinación es de 21°C.

c) Luz

INIA (2001) indica que es sensible a días largos. El fotoperiodo óptimo para la inducción de la floración es de 8 a 14 horas. La reducción de la luz propicia un desarrollo achaparrado o rastrero de la planta, con un efecto negativo en los rendimientos. Humedad resistente a sequía. La humedad del suelo es un factor importante en las primeras etapas de desarrollo de las plantas y su falta o exceso en la floración ocasiona caída de flores, reduciendo la producción significativamente.

d) Humedad

INIA (2001) indica que es resistente a la sequía y una excesiva humedad ambiental favorece la proliferación de enfermedades. Asimismo puede ocasionar el manchado de los granos cuando las cosechas coinciden con las épocas de alta humedad o lluvias. La humedad del suelo es un factor importante en las primeras etapas de desarrollo de las plantas y su falta o exceso en la floración ocasiona caída de flores, reduciendo la producción significativamente.

d) Suelo

INIA (2001) manifiesta que el fríjol caupí es una planta rustica que se adapta a una gran diversidad de suelos, puede tolerar la acidez, pero no la alcalinidad ni la salinidad.

Prospera bien en suelos ligeros, bien drenados, profundos, de fertilidad media a alta y con un pH neutro a ligeramente ácido (5.5 a 6.6). No tolera suelos con mal drenaje.

1.1.5. Manejo agronómico

a) Elección de terreno

TUMI (2008) manifiesta que es importante seleccionar suelos con buen drenaje o filtración de agua, de textura franca (arcillo-areno-limoso), profundos, buen contenido de materia orgánica y libres de salinidad.

b) Siembra

TUMI (2008) indica que el frijol caupi, se adapta a distintas épocas de siembra de acuerdo al drenado de los suelos. Esta característica ha permitido diversificar la oferta, mejorar la productividad y calidad del grano. Para valles de selva y Alto Piura se recomienda dos épocas de siembra; marzo a abril y julio a agosto.

La siembra se realiza generalmente en forma directa manual, depositando de 3 a 5 semillas por hoyo, en hileras con distanciamientos variados, de acuerdo con el hábito vegetativo de la variedad.

Tabla 1.1. Distanciamiento de siembra del frijol caupi entre surcos y golpes

Distanciamiento (m)		Vaina blanca	Vaina blanca
Surcos simples	Entre surcos	0.5	0.6
	Entre surcos	0.2	0.2
Surcos dobles o mellizos	Entre hileras	0.4	0.5
	Entre pares de hileras	0.9	1
	Entre golpes	0.2	0.2
Semillas por golpes		3 a 4	3 a 4
Semillas Kg/ha		55 a 60	50 a 55
Semillas por metro lineal		15 a 18	15 a 18
Densidad de siembra (plantas/ha)		250000	250000

d) Deshierbo

TUMI (2008) indica que es importante mantener el campo libre de malezas. Para que las plantas aprovechen al máximo los nutrientes del suelo y/o fertilizantes, la floración sea vigorosa, y lograr máximo llenado de granos no debe haber competencia con plantas

extrañas. Es preferible el control mecánico de las malezas antes del periodo crítico de crecimiento, la floración y llenado de grano, se debe considerar como periodo crítico hasta los 35 o 45 días después de la siembra.

e) Fertilización

INIA (2001) manifiesta que la fertilización tiene por finalidad nutrir a la planta con los elementos que necesita para lograr el máximo vigor de crecimiento y desarrollo de su estructura, que permitan lograr su máxima producción y calidad de producto, mediante tres formas de compuestos de abonamiento:

- Abonos sintéticos que contienen los elementos químicos básicos: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Magnesio (Mg) de manera concentrada que necesita la planta para su nutrición.
- Abonos orgánicos compuestos procedentes de deyecciones o residuos de animales o vegetales.
- Abonos foliares suministrado de micronutrientes, que contribuye a la nutrición de la planta, pero que no reemplaza a la fertilización del suelo

f) Cosecha

TUMI (2008) indica que la cosecha del frijol se realiza cuando este llegue a su madurez fisiológica, es decir cuando el 90 % de las vainas han cambiado de color, las hojas se vuelven amarillas por vejez o se han caído en su mayoría; para arrancar las plantas hay que considerar dos aspectos:

- Que las plantas en el campo obtienen un secado natural del grano al perder humedad poco a poco de manera uniforme.
- No se debe permitir que las vainas se sequen demasiado para reducir pérdidas por abertura de vainas (desgrane).

1.1.6. Sistemas de siembra asociado

a) Frijol solo o monocultivo

INIA (2001) señala que puede hacerse en cualquier época de siembra y consiste en sembrar el frijol solo, con distanciamientos entre surcos de 50 a 60 cm y a 7.5–10 cm entre plantas (10-13 plantas por metro lineal), más que todo cuando es un suelo preparado con maquinaria agrícola.

b) Frijol asociado

CARDAMA (1984) manifiesta que el frijol puede sembrarse en asocio con todos aquellos cultivos en los cuales no haya competencia por luz, incluyendo cultivos perennes en sus primeros años de plantación. En El Salvador, el asocio más común es con maíz o con caña de azúcar.

c) El asocio maíz-frijol

FRANCIS, FLOR y PRAGER (1987) recomiendan hacerlo al mismo tiempo, pero cuando hay atrasos en alguno de los cultivos, el período de siembra del segundo no debe exceder a los 5 días.

Los distanciamientos de siembra para la asociación maíz - frijol son: para maíz 90 a 100 cm entre surcos y 20 a 40 cm entre plantas, poniendo una o dos semillas por postura; para el frijol el surco debe ir separado de 20 a 25 cm del surco de maíz y de 10 a 20 cm entre plantas, colocando una o dos semillas por postura, respectivamente.

Cuando se asocia frijol con caña de azúcar, se recomienda hacerlo con caña de segundo corte en adelante, pudiendo hacerse en la época de mayo y apante, después que se ha cosechado la caña.

Los distanciamientos de siembra entre surcos dependerán de los distanciamientos entre surcos que tenga la caña, poniendo 2 ó 3 surcos de frijol entre 2 surcos de caña. El distanciamiento entre plantas de frijol es de 10 a 20 cm colocando una o dos semillas, respectivamente.

d) Frijol intercalado

FUENTES (1990) recomienda que el sistema de siembra más utilizado en el país y consiste en sembrar frijol en un terreno donde hay maíz que ha llegado a su madurez fisiológica, intercalando el frijol entre los surcos de maíz. El frijol se siembra a ambos lados del surco de maíz, separados de éste 20 a 25 cm; el distanciamiento entre plantas es 10 a 20 cm, colocando una o dos semillas, respectivamente.

1.1.7. Condiciones para una producción rentable de frijol

INIA (2001) menciona que para obtener los mayores beneficios del cultivo de frijol caupi es importante asegurarse de controlar los siguientes aspectos:

a) Variedad a elegir

INIA (2001) indica que la época de siembra, área de siembra y la demanda del mercado influyen en el precio del producto. No en cualquier mes del año los precios son los mismos, no cualquier área de siembra es rentable, siempre hay un mínimo que permite lograr ganancias y hay compradores que pagan más por un producto que otros. Generalmente los frijoles de exportación pagan los precios más altos, pero también son más exigentes con la calidad del producto, lo que significa emplear a la mejor tecnología.

b) Disponibilidad de semilla

INIA (2001) recomienda que el material de siembra debe ser semilla garantizada o certificada. La cantidad y calidad de la producción depende de la calidad de la semilla que se usa. Cuando se usa como “semilla”, el producto que se vende para consumir, se tiene un cultivo de bajo rendimiento, la germinación es pobre, desuniforme y con alta probabilidad de expresar enfermedades que no se perciben antes de sembrarse.

c) Disponibilidad de recursos económicos

INIA (2001) indica antes de sembrar es importante conocer cuánto dinero se necesita para todos los pasos del proceso productivo, su cosecha, almacenamiento y comercialización. Es lo que se llama costos de producción. Cada cultivo tiene sus propios costos de producción. Para realizar la inversión en estos costos hay que conocer el precio del producto en el mercado y sus variaciones en el año, para sembrar en el momento más oportuno calculando el mes en que el producto tiene los mejores precios.

d) Aspectos morfológicos del frijol Caupi

INIA (2001) señala que el número de entrenudos y guías o ramas laterales es variado. Los tipos indeterminados al crecer tienden a enrollarse y entrelazarse. Las flores están agrupadas en inflorescencias simples ramilletes “ramilletes florales”, cuyo color varía entre amarillo (fase inicial) inicial) a blanco (flor abierta) abierta). Las flores hermafroditas, por lo que son preferentemente autógamias (95%). Sin embargo, existe un 5 % de polinización cruzada, principalmente por insectos.

Los frutos están constituidos por vainas, que pueden ser de color verde o presentar moteados purpura o rojizos en la sutura y valvas. Estas están adheridas al pedúnculo

formando ángulos de 30° a 90°; son erectas o colgantes, dependiendo del ángulo que formen. Por su forma, las vainas pueden ser derechas o presentar cierto grado de curvatura. Generalmente en cada tallo floral solo 02 o 03 flores se convierten en vainas y el lapso en que las semillas se desarrollan en las vainas es de 20 a 25 días. La deficiencia de agua y nutrientes causan la caída de flores y vainas jóvenes.

Semilla la semilla difiere en cuanto a color (crema, marrón, rojizo y negro), negro), forma (redondo, (redondo, oval, cuadrada), tamaño y textura (lisa, áspera o rugosa).

e) **Características del frijol Caupi**

Según, INIA (2001) el frijol Caupí tiene las siguientes características:

Hábito de crecimiento	: Arbustivo indeterminado
Altura de Planta	: 0.70 m – 1.10 m
Vainas por planta	: 18 – 22
Granos por vaina	: 12 – 15
Color del grano	: Blanco cremoso.
Color de vaina	: Verde oscuro.
Longitud de vaina	: 18 cm – 20 cm.
Tamaño del grano	: 5.5 mm a 6.5 mm
Peso de 100 gramos	: 23 a 24 g.
Días a la Floración	: 43 a 51 días
Días a la cosecha	: 90 – 95
Rendimiento potencial	: 3500 kg.ha ⁻¹
Rendimiento comercial	: 2800 kg.ha ⁻¹

1.1.8 **Plagas y enfermedades**

a) **Plagas**

Según, ROMERO (1964) las plagas principales en el cultivo frijol son:

✓ **Pulgones**

Succión de savia provoca la desnutrición y secamiento del brote, encrespamiento de hojas cercanas al brote. Indirectamente, expelen secreción dulce que caen a las hojas provocando la germinación del hongo FUMAGINA que impide la acción fotosintetizadora.

✓ **Arañita roja**

Se localiza generalmente en el envés de las hojas, aunque en ataques severos se ubican en las dos caras. Producen raspaduras en las hojas dándoles un brillo plateado.

✓ **Barrenadores de brotes y vainas**

Se alimentan de hojas tiernas, brotes o yemas terminales, perforando vainas tiernas y se alimentan de granos verdes y secos.

B) Enfermedades

Según, VALLADOLID (1993) las enfermedades principales en el cultivo frijol son:

✓ **Chupadera**

Pudrición de la semilla, raíz, el tallo de las plantas tiernas y adultas causándoles la muerte.

✓ **Oidium** (*Erysiphe polygoni*):

Los primeros síntomas se observan en el haz de las hojas del tercio inferior. Las vainas tienden a quedar pequeñas y deformes con retardo de crecimiento.

✓ **Virus del mosaico severo (CSMV)**

Afectan los rendimientos entre 35 a 95% destruyen la clorofila de las hojas causando ampollamiento, raquitismo y deformación foliar.

1.2. DEL MAÍZ AMARILLO DURO

1.2.1. Centro de origen

LLANOS (1984) afirma que la yuca y el maíz fueron un inesperado regalo más, entre otros, que el nuevo mundo brindó a los españoles valor y utilidad en los hechos de descubrimiento y conquistas fue muy significativo. Entre las numerosas hipótesis defendido por muchos grupos de investigadores, se destaca los tres más probables:

1. El tripsacum, el teosintle, y el maíz son los descendientes de una especie actualmente extinguido.
2. El maíz descendiente del teosintle, bien por selección del hombre, por cruzamiento con otras especies actualmente extintas o mediante una mutación previa.

3. El ancestro silvestre del maíz domesticado actual fue el maíz tunicado reventón, actualmente desaparecido, el teosinte es el resultado de la hibridación entre el maíz y el tripsacum.

1.2.2. Maíz amarillo duro

INIA (2003) manifiesta que los cultivares locales originales de maíz fueron en general tipos de maíz duro. Los granos de este tipo de maíz son redondos, duros y suaves al tacto. El endospermo está constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es por lo general de madurez temprana y se seca más rápidamente una vez que alcanzó la madurez fisiológica. Está menos sujeto a daño de insectos y mohos en el campo y en el almacenamiento. Sin embargo, los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados. Los maíces duros son preferidos para alimento humano y para hacer fécula de maíz ("maicena"). Una parte importante del área sembrada con maíces duros es cosechada para ser consumida como mazorcas verdes o como alimento animal, si bien datos concretos al respecto no están aún disponibles. Muchos de los maíces duros cultivados comercialmente tienen granos anaranjado-amarillentos o blanco-cremosos, aunque existe una amplia gama de colores, por ejemplo, amarilla, anaranjada, blanca, crema, verde, púrpura, rojo, azul y negro. En los trópicos, los tipos de maíz duro color amarillo-anaranjado alcanzan un área de 20 millones de hectáreas, mientras que los de color blanco-cremoso llegan a 12,5 millones de hectáreas. En la actualidad se considera dos centros de diversidad genética y morfológica y estas son, la región centro americana y la región andina donde existen más de 55 razas de maíces.

1.2.3. Clasificación taxonómica del maíz amarillo duro

MANRIQUE (1997) afirma que la taxonomía del el maíz es la siguiente:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Sub. División	: Angiospermas
Clase	: Monocotiledóneas
Orden	: Graminales (Poales)
Familia	: Gramineae

Tribu	: Maydeas
Género	: Zea
Especie	: <i>Zea mays</i> L. <i>Indurata</i> St (<i>Flint corn</i>)
Nombre común	: Maíz
2n	: 20

1.2.4. Descripción morfológica del maíz amarillo duro

MANRIQUE (1997) menciona que, la planta de maíz es una gramínea monoica anual que en un periodo muy corto, tres a cuatro meses, puede transformar diferentes elementos en sustancias complejas de reserva, azúcar, almidón, proteína, aceite, vitaminas, etc., localizados en el grano.

Se caracteriza por poseer granos con endospermo vítreo duro, cristalino y translucido con almidón mayormente corneo, de color blanco o amarillo y pericarpio blanco o coloreado, jaspeado variagado. Son maíces de precocidad mediana, resistente a plagas y enfermedades. En el Perú constituye la raza perla o maíz de gallina. Se le cultiva en climas cálidos y tropicales de la costa selva y valles bajos de la sierra, se le usa como forraje en la costa y en la alimentación porcina y avícola.

a) Raíz

MANRIQUE (1999) indica que, la raíz se origina en la radícula del embrión, a partir del punto de crecimiento del hipocotilo, luego de la salida del coleoptilo por alargamiento del mesocotilo a los ocho días, en las coronas y en los nudos, superpuestos en la base del tallo se inicia el desarrollo de los primordios radiculares adventicios que formarán el sistema radicular fibroso definitivo, además eliminando el sistema radicular seminal inicial

LLANOS (1984) menciona que el maíz posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces:

- ✓ Las raíces primarias emitidas por la semilla comprenden la radícula y raíces seminales.
- ✓ Las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyen casi la totalidad del sistema radicular.

- ✓ Las raíces aéreas y adventicias que nacen en el último lugar, en los nudos de la base del tallo por encima de la corona.

b) Tallo

LLANOS (1984) menciona que el tallo es nudoso y macizo, formado por entrenudos, separadas por nudos más o menos distintos. Cerca del suelo los entrenudos son cortos y de los nudos inferiores nacen las raíces aéreas. Su sección es circular; pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que se va haciendo más profunda conforme se aleja del suelo, desde el punto en que nace el pedúnculo que sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta.

c) Hoja

LLANOS (1984) menciona que el maíz lleva en promedio de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadas (4 a 5 cm de ancho por 30 a 50 cm de longitud), de borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado, su distribución es alterna a lo largo del tallo.

PUMA (1998) menciona que las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

ROMERO (1964) menciona que los maíces de clima caliente tienen las hojas perpendiculares anchas y largas; en las variedades de clima frío, las hojas son más angostas y cortas, más colgadas y muy flexibles.

d) Inflorescencia

LLANOS (1984) considera que el maíz es una planta monoica; es decir lleva en cada pte de planta flores masculinos y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula (penachos o pendones) terminal, y se reúnen en varias espigas (panojas o mazorcas) que nacen de flores masculinos tienen de 6 a 8 mm, salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso, situadas en el extremo superior del tallo. Cada flor masculina tiene tres estambres, largamente filamentosas. Las espículas (espiguillas) femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas de sedas o barbas.

e) Fruto

MANRIQUE (1997) afirma que los granos están cubiertos por la cutícula y el pericarpio que forma una envoltura delgada y seca de origen maternal. En el interior del pericarpio se encuentra el embrión y el endospermo, siendo esta última el almacén de reserva de carbohidratos, proteínas y vitaminas.

LLANOS (1984) reportó que el fruto (grano) es una cariósida formado por la cubierta o pericarpio (6%) el endospermo (80%), y el embrión o germen (semilla 11%). Cada flor femenina, si es fecundada en su momento, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso de color amarillo, púrpura o blanco, los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso.

Los granos de maíz están constituidos de las siguientes partes:

- Pericarpio (2n)
- Capa de aleurona (3n)
- Endosperma (3n)
- Germen (2n)

La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector. La aleurona es la capa delgada que cubre el endospermo. El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteínas, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza. El germen contiene una pequeña planta en miniatura dentro, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, el cual tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el período de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta.

1.2.5. Suelo y clima

a) Suelo

MANRIQUE (1997) manifiesta que el maíz amarillo se adapta a distintos tipos de suelo, pero como cualquier otro cultivo, responde favorablemente a los buenos suelos, es decir; si son profundos, de una textura franco a franco arcilloso, son de buena

capacidad para retener la humedad y sin problemas de drenaje. Los suelos muy pesados dificultan la labranza, tienden a formar terrones grandes y dificultan la germinación, ocasionando fallas en la siembra. La excesiva acumulación de agua en el suelo podría tener un efecto adverso a la acumulación de pigmentos en la mazorca. Los suelos muy sueltos o arenosos proporcionan un regular soporte a la planta, favoreciendo la tumbada; además, requieren de mayor cantidad de agua por ser muy filtrantes.

b) Clima

LLANOS (1984) menciona que el maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C, requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es alto sobre todo con los maíces duros. Para que se produzca la germinación de la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debidos a la mala absorción de nutrientes minerales y agua, para el fructificación se requieren temperaturas de 20 a 30 °C.

1.2.6. Manejo agronómico

a) Selección del terreno

ROMERO (1964) afirma que el maíz requiere suelos fértiles y profundos para dar una buena cosecha, pues requiere suelos de textura franca, el cual permitirá un buen desarrollo radicular, con una mayor eficiencia de absorción de la humedad y los nutrientes presentes en el suelo además de evitar problemas de acame. Los tipos de suelos que presentan características adecuadas para el cultivo de maíz: suelos aluviales, las que están cerca de la orilla de los ríos, suelos vírgenes y descansados por muchos años cubiertos por vegetación exuberante y suelos de tipo franco y buena profundidad, para obtener buenas condiciones en el cultivo del maíz, se requieren campos con las siguientes características: libre de vegetación natural, suelos con óptima permeabilidad, suelo bien nivelado, para facilitar las labores y favorecer la penetración uniforme del agua de la lluvia de riego y terreno suelto hasta 20 cm de profundidad; y de preferencia hasta 25 cm.

b) Elección y selección de la semilla

MANRIQUE Y NAKAHODO (1985) mencionan que la elección de la calidad y variedad es, sin duda, un elemento fundamental a tener en cuenta, pero

desafortunadamente es frecuente que la decisión se tome pocas horas antes de iniciar la siembra o incluso que se deje al azar.

c) Siembra

La densidad de siembra entre los surcos, así como el espaciamiento de las semillas en la hilera o entre los grupos o golpes, determina la densidad o número de plantas por hectárea.

En las tablas 1.3 y 1.4 se pueden ver la cantidad de plantas de acuerdo a variaciones señaladas.

Tabla 1.2. Número de plantas de maíz por hectárea en siembra en línea o hilera

Distancia entre surco	Distancia entre plantas en la línea	Nº plantas por metro lineal	Nº de plantas por hectárea
80 cm	15 cm	6.6	82,500
	20 cm	5.0	62,500
90 cm	15 cm	6.6	73,333
	20 cm	5.0	55,555

En maíz amarillo, la densidad más recomendable de acuerdo a la calidad de los suelos y la fertilidad, está entre las 55,555 y 66,666 plantas por hectárea. Densidades mayores con buena fertilización y manejo del cultivo pueden producir rendimientos más elevados.

LLANOS (1984) menciona que el principio de la densidad de siembra viene dada por la distancia entre las plantas en la línea y la separación entre líneas. Esta es la densidad teórica de la plantación, pero en el momento de cosechas normalmente se han producido, por diferentes causas, pérdidas de plantas que pueden suponer de un 5 a 10%: esta densidad final es la real. Las pérdidas por tallo de la germinación y la muerte de las plantas en sus primeros días de desarrollo, son las causas que más influyen en el porcentaje de tallos, diferencia entre la densidad teórica o de cosecha de la densidad real o de recolección. Para obtener un rendimientos que haga rentable al cultivo tolerante a la alta densidad de siembra, ha sido necesario también que la técnica introduzca métodos de laboreo y dosis y tipo de abonos con los que las plantas puedan aprovechar

mejor la humedad y encontrar en el suelo los principios nutritivos precisos en el estado asimilable durante el ciclo de crecimiento y maduración del grano . En cuanto a la distancia que debe medir entre las líneas de siembra y la que separa las plantas en la línea, la tendencia es a mantener esta y reducir aquella para conseguir una mayor uniformidad de plantación en las dos direcciones. El aumento de rendimiento obtenido sembrando altas densidades en las filas cercanas se debe a un mejor aprovechamiento de la energía solar interceptadas por las plantas. Si las plantas se sembraran equidistantes en las dos direcciones, la energía solar captada por las plantas sería un 15 – 20 % superior a la que aprovechan cuando se siembra con una distancia entre filas dobles de la que espera entre las plantas en la hilera.

Tabla 1.3. Número de plantas de maíz por hectárea en siembra por golpes

Distancia entre surco	Distancia entre plantas en la línea	Nº de plantas por hectárea
80 cm	15 cm	75,000
	20 cm	62,500
90 cm	15 cm	66,666
	20 cm	55,555

MANRIQUE (1999) indica que, la densidad de siembra está directamente relacionada con la fertilidad natural del suelo, utilizando altas densidades en suelos y bajas densidades en suelos de fertilidad baja. También plantea que, cuando se habla de altas poblaciones debemos relacionarla con competencia y esta puede ser nutrientes, agua y luz. Con relación a esta última realizo un trabajo con tres híbridos diferentes, demostrando que se producía una baja en la producción de grano, contenido de proteínas, aceite y otros a medida que se incrementa la población de plantas.

d) Abonamiento

PUMA (1998) menciona que los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización.

MANRIQUE (1997) reporta que el abonamiento deberá ser uniforme, usando una dosis fija de 180 N – 80 P – 60 K, su aplicación será fraccionada; a la siembra se aplicará la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y potasio; antes o en el aporque se aplicará la

segunda dosis de nitrógeno. Como fertilizantes se usará Urea, superfosfato triple de calcio, fosfato di amónico y cloruro de potasio.

e) **Deshierbo y raleo**

INIA (2003) menciona que se debe evitar la competencia de malezas especialmente en los primeros 40 días de crecimiento para evitar pérdidas por competencia de nutrientes, luz, espacio y además porque las malezas son hospederos de plagas y enfermedades, el control de malezas se realiza en forma manual usando lampas o azadones. También se controla malezas de hoja ancha aplicando herbicidas en base a atrazina (Gesaprim) usando de 1.5 a 2 kg.ha⁻¹.

MANRIQUE (1997) menciona que cuidar el campo siempre esté libre de malezas durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, para eliminar los problemas de competencia. Así mismo todo el campo deberá ser desahijado antes del aporque, dejando solamente 3 plantas por golpe, asegurando así una competencia uniforme entre plantas.

1.2.7 **Plagas y enfermedades**

a) **Plagas**

ROMERO (1964) menciona que el maíz tiene las siguientes plagas consideradas importantes.

- ✓ **Gusano de tierra o gusano cortadores:** *Feltia experta* W., *Copitarsia turbata*.
- ✓ **Gusanos perforadores de tallo:** *Elasmopalpus lignosellus* Z.
- ✓ **Insectos que atacan a la planta:** *Spodoptera frugiperda* S., *Frankiniella williamsi* H, *Diabrotica bicolor* D.
- ✓ **Insectos de la mazorca:** *Pococera atramentalis* L. *Heliothis zea*, *Euxesta anonae*.

b) **Enfermedades**

MANRIQUE (1997) menciona que las enfermedades de importancia en el cultivo de maíz amarillo son:

- ✓ **Carbón de maíz** (*Ustilago maydis*)
- ✓ **Pudrición de mazorcas:** Producido por hongos (*Fusarium moniliforme*, *Dusarium tursicum* y *Diplodia maydis*),

- ✓ **Achaparramiento** (“Puka Punchu”): El uso de variedades tolerantes y siembra temprana son las mejores alternativas para garantizar mejor producción de mazorcas.
- ✓ **Enanismo del maíz:** (MRDV).
- ✓ **Mosaico del Maíz.** Es otra enfermedad causada por el virus que se transmite por la picadura de los Aphidos

1.3. TEORÍAS Y ENFOQUES DEL CULTIVO ASOCIADO

En la búsqueda de alternativas para desarrollar agro ecosistemas más sostenibles, varios investigadores han planteado que los agro ecosistemas tropicales deberían imitar la estructura y el funcionamiento de las comunidades naturales o la dinámica sucesional de bosques (práctica seguida durante siglos por miles de agricultores indígenas), ya que estos sistemas exhiben un ciclaje de nutrientes bastante cerrado, resistencia a la invasión de plagas, estructura vertical y conservan la biodiversidad (EWEL, 1986; SOULE y PIPER, 1992).

Si se adopta este enfoque agroecológico, se debe garantizar que los sistemas y tecnologías que se promueven sean apropiados para las condiciones ambientales y socioeconómicas específicas de los pequeños agricultores, sin incrementar su dependencia de insumos externos. Los proyectos de desarrollo agroecológico deberían incorporar elementos del conocimiento agrícola tradicional y la ciencia agrícola moderna, incluyendo sistemas que conserven los recursos y a la vez sean productivos, tales como los policultivos, la agroforestería, y los sistemas que integran cultivos y ganado (ALTIERI, 1995).

En el sistema agrícola maíz -frijol como en otros sistemas, es necesario definir los conceptos de asociación, relevo e intercalamiento. El cultivo intercalado consiste en la siembra de uno de los cultivos entre los surcos del otro o en los espacios entre planta y planta, coincidiendo ambas especies en su totalidad o parcialmente en su desarrollo vegetativo. En asociación, tanto el maíz como el frijol se siembran en el mismo sitio y comparten todo o parte de su ciclo vegetativo, existiendo competencia entre las dos especies.

En la actualidad, la asociación de maíz y fríjol es uno de los sistemas de cultivo más comunes dentro de los pequeños agricultores, quienes mantienen este sistema de

producción por razones de tipo cultural, nutricional, biológico y económico para minimizar riesgos y mantener una dieta balanceada y estable. La siembra asociada de maíz y frijol Caupí es un sistema que muy bien podría practicarse en el trópico y en términos generales con dicha asociación se producen reducciones en los rendimientos en ambas especies en relación con los respectivos monocultivos, en porcentajes que oscilan entre 8 a 12 % para la gramínea y de 30 a 75 % para la leguminosa. Esto, suponiendo que se utilizan variedades adaptadas, puesto que si una de las especies no lo está la situación será diferente. Esas reducciones se atribuyen al factor competencia, que bien podría definirse, como el conjunto de caracteres genético-fisiológicos de las especies asociadas y los factores ambientales que interactúan, ocasionando modificaciones en el fenotipo de las plantas, en los rendimientos o disminución en la calidad del fruto.

1.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ASOCIACION CAUPI Y MAIZ

De la gran diversidad de variedades de frijoles con que cuenta el Perú adaptados a diferentes ambientes y épocas del año; son el “caupi”, “castilla” o “chileno” y el “frijol de palo” los que se han constituido en los dos tipos más demandados por los consumidores internacionales y en los principales productos agrícolas de la exportación peruana (VALLADOLID et al. 1999). Las menestras con demanda externa como frijol caupí y frijol de palo, se cultivan principalmente en la costa y en la selva, donde se registran incrementos de producción en los últimos cinco años de 0.8 a 2 t.ha⁻¹, sin embargo; la productividad promedio nacional se encuentra en 1.2 t.ha⁻¹. (TUMI, 2008). El frijol Caupí es un cultivo tradicional en el Perú, sin embargo, en el trópico es un cultivo poco difundido a pesar de que existen condiciones de suelo y clima favorables para una producción. El rendimiento en este cultivo es relativamente bajo respecto al promedio nacional debido principalmente a deficiencias tecnológicas, organizativas y de una correcta articulación con el mercado.

Hasta hace algunos años, estimativos de la proporción de asociaciones que incluía frijol en varios países latinoamericanos eran del 40 % para México, 73 % para Guatemala, 90 % para Colombia y 80 % para Brasil; así mismo, informaciones de varios Programas Nacionales de Latinoamérica indicaban que alrededor del 60 % del maíz y 80 % del frijol se producían bajo el sistema de asociación de cultivos. Si bien es cierto que la

situación agrícola de los países andinos es muy cambiante, también lo es que el fríjol y el maíz continúan siendo parte fundamental e integral de la alimentación cotidiana. (FRANCIS et al. 1987).

FLOR Y FRANCIS (1975) mencionan que las fechas de siembra de los cultivos asociados se definen como los días transcurridos a partir de la siembra de un cultivo con respecto a otro, tratando con ello de buscar un equilibrio en el crecimiento de ambos cultivos. Se habla de equilibrio, porque puede haber situaciones de competencia, ya sea por factores, como luz, agua, nutrientes, así como de complementación, como en el caso del soporte que un cultivo presta a otro; el concepto fundamental es minimizar la competencia y maximizar la complementación y/o transferencia entre ellos. AGUILAR (1976) y CARDAMA (1984) han desarrollado estudios de cultivos asociados (caupí-maíz) en relación con distanciamientos y densidades de siembra, sirviendo como punto de partida para iniciar el presente trabajo de investigación, el que ha tratado de encontrar el período óptimo de siembra de este cultivo asociado y sus implicancias económicas. En el plano internacional, se tienen antecedentes de trabajos similares, más que todo sobre fechas de siembra del cultivo de fríjol con relación al maíz y yuca, evidenciando las ventajas de sembrar plantas alimenticias asociadas con fechas relativas de siembra, de un cultivo hacia otro. Es así que, en Colombia, FRANCIS Y TEMPLE, citados por la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (1976) determinaron que una ventaja de 15 días de siembra del fríjol sobre el maíz, mostró rendimientos más altos, demostrándose que con las siembras adelantadas de fríjol, según PRAGER (1977) se obtiene las más altas producciones en éste y con siembras posteriores a la del maíz, los rendimientos del fríjol disminuyen significativamente.

En la asociación el principal efecto de las coberturas es proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, principal factor de la erosión. En las investigaciones realizadas hasta ahora en América Latina existe información de los beneficios de las coberturas, utilizadas solas o en asociación con otros cultivos. La asociación del maíz combinado con leguminosas, es la más usada (RESTREPO, 1992).

1.5. SECUENCIA DE SIEMBRA Y AGRICULTURA SUCESIONAL

En la búsqueda de alternativas para desarrollar agro ecosistemas más sostenibles, varios investigadores han planteado que los agro ecosistemas tropicales deberían imitar la

estructura y el funcionamiento de las comunidades naturales o la dinámica sucesional de bosques (práctica seguida durante siglos por miles de agricultores indígenas), ya que estos sistemas exhiben un ciclaje de nutrientes bastante cerrado, resistencia a la invasión de plagas, estructura vertical y conservan la biodiversidad (EWEL, 1986).

Si se adopta este enfoque agroecológico, se debe garantizar que los sistemas y tecnologías que se promueven sean apropiados para las condiciones ambientales y socioeconómicas específicas de los pequeños agricultores, sin incrementar su dependencia de insumos externos. Los proyectos de desarrollo agroecológico deberían incorporar elementos del conocimiento agrícola tradicional y la ciencia agrícola moderna, incluyendo sistemas que conserven los recursos y a la vez sean productivos, tales como los policultivos, la agroforestería, y los sistemas que integran cultivos y ganado (ALTIERI, 1995).

Los cultivos asociados o policultivos se definen como sistemas de producción en los cuales se cultivan dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno, cuyas ventajas son las siguientes:

- ✓ Reproducen el crecimiento natural de las plantas. En ningún ecosistema libre de la influencia del hombre se puede observar solo una especie en el mismo lote de terreno, siempre existe una variabilidad vegetal que crece y se reproduce ayudándose mutuamente.
- ✓ Logran un aprovechamiento óptimo del suelo, tanto en su ocupación como en el consumo de nutrientes, existiendo muchas veces la tendencia a establecerse un equilibrio en el consumo de éstos, especialmente cuando se incluyen leguminosas y cereales o plantas de desarrollo aéreo y sistema radicular.
- ✓ Al cubrir el suelo, reprimen naturalmente malezas y se evita la erosión por efecto del agua y del viento, así mismo el suelo cubierto guarda mayor humedad.
- ✓ Reducen la incidencia de insectos –plaga, pues al existir una variedad de especies, las plagas se pueden manejar; además dentro de los tejidos vegetales de la diversidad que se establece existen ciertas sustancias que constituyen un sistema de defensa; se trata de los alelo químicos alomónicos, que son compuestos moleculares que actúan como señales o mensajeros de disuasión, produciendo efectos repulsivos, o efectos tóxicos alteradores de la fisiología y/o comportamiento sexual, es decir, efectos que influyen en las poblaciones de insectos. Su efecto regulador es comparable con la

acción de enemigos naturales, sean estos patógenos (hongos, bacterias, virus, nematodos, rickettsias o protozoos) depredadores (pájaros, lagartijas, anfibios e insectos útiles) o parásitos.

- ✓ Logran un mejor aprovechamiento de la energía solar, con el establecimiento de microclimas que evitan la aparición de enfermedades causadas por diversos patógenos.
- ✓ Mejoran la calidad del suelo al utilizarse abonos de origen orgánico, como producto del reciclaje de los desechos que estos producen
- ✓ No alteran el equilibrio biológico, ni atentan contra la salud humana, porque permiten evitar en lo posible el uso de insumos contaminantes.
- ✓ Las producciones son por lo general mayores, proveyendo a la familia una dieta más sana y una mejor variedad de alimentos.
- ✓ El agricultor puede ofrecer a los mercados varios productos y al mismo tiempo esta diversidad puede ayudarlo a defenderse de las pérdidas que pueden ser ocasionadas por rigurosidades climáticas, conmociones sociales o fluctuaciones de precios.

Las formas más corrientes de cultivos asociados o policultivos se describen a continuación:

- ✓ **Cultivos intercalados mixtos:** consiste en sembrar de manera simultánea dos o más cultivos en el mismo terreno, sin arreglo diferencial de surcos, ejemplo: plátano intercalado con yuca, papaya intercalada con frijol.
- ✓ **Cultivos intercalados en hileras:** consiste en sembrar dos o más cultivos diferentes, distribuidos en surcos definidos, ejemplo: un surco de maíz y un surco de habas; un surco de remolachas y un surco de lechugas.
- ✓ **Cultivos intercalados en fajas:** consiste en sembrar dos o más cultivos en fajas lo suficientemente anchas que permitan hacer un trabajo independiente con cada uno de ellos, pero que a la vez permitan que cada cultivo interactúe agronómicamente. Esta modalidad en cultivos de ciclo corto (maíz, frijol, cucurbitáceas, etc.) y hortalizas, permite establecer programas de siembra y manejo adecuados para posibilitar un consumo racional de nutrimentos y alterar el hábitat de desarrollo de las plagas, sean estas insectiles o patógenas.
- ✓ **Cultivos entre hileras:** Consiste en sembrar árboles (frutales o forestales) y cultivos de bajo fuste (palmito, pimienta, piña, maracuyá, maíz, fréjol, yuca, malanga, hortalizas, etc.). Los árboles protegerán a los cultivos del viento y sus raíces llevarán

nutrientes y agua desde la profundidad del suelo, ejemplo: hileras de papayas, naranjas, limones, arazás, intercaladas con fajas de piña, pimienta, frijol, maíz, etc.

- ✓ **Cultivo de relevo:** Se siembra un segundo cultivo, después que el primero ya está creciendo, pero que aún no esté listo para cosecharse. Como cultivos de relevo se puede usar leguminosas forrajeras que pueden utilizarse como alimento de animales o como abono verde.

1.6. PRINCIPIOS Y EJEMPLOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES

GÖTSCH (1995) menciona los siguientes principios y ejemplos descritos han sido presentados durante sus visitas a las regiones de Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque y han sido discutidos durante seminarios y visitas de campo. Muchos sistemas agroforestales practicados por diferentes pueblos Indígenas del trópico húmedo y el sistema desarrollado y practicado por el señor Ernesto Götsch usan los principios y aprovechan de la dinámica de la sucesión natural de especies.

1.6.1. Los principios de la sucesión natural

GÖTSCH (1995) manifiesta que la vida es un proceso dinámico, es un flujo. En un lugar chaqueado predominan al principio después de nuestro abandono especies como el ambaybo (*Cecropia* spp.) y la balsa (*Ochroma pyramidale*). En el transcurso de los años llegan a predominar otras especies hasta que (sin intervención del hombre) se establezca nuevamente un bosque primario. Queriendo obligar a la naturaleza a quedarse en un mismo estado durante mucho tiempo, que es el caso de nuestra agricultura de monocultivos, los procesos naturales de la sucesión no pueden avanzar y la naturaleza reacciona mediante las llamadas "enfermedades", "plagas" y "malezas". Todos ellos sin embargo son simplemente indicadores que reflejan que nuestra agricultura no es adecuada. Cuando insistimos en mantener un sólo cultivo en un mismo lugar aparecen estas "enfermedades", "plagas" y "malezas", y nosotros empeoramos la situación al combatir ellos mediante agroquímicos tóxicos.

En vez de participar en la dinámica natural que siempre trata de desarrollar sistemas complejos con el resultado de más vida y suelos más fértiles, la combatimos por no entender a la misma naturaleza aplicando insecticidas, herbicidas y fungicidas.

1.6.2. La dinámica de la sucesión natural

GÖTSCH (1995) manifiesta que el desarrollo de una planta puede ser expresado mediante una curva de crecimiento y de maduración.

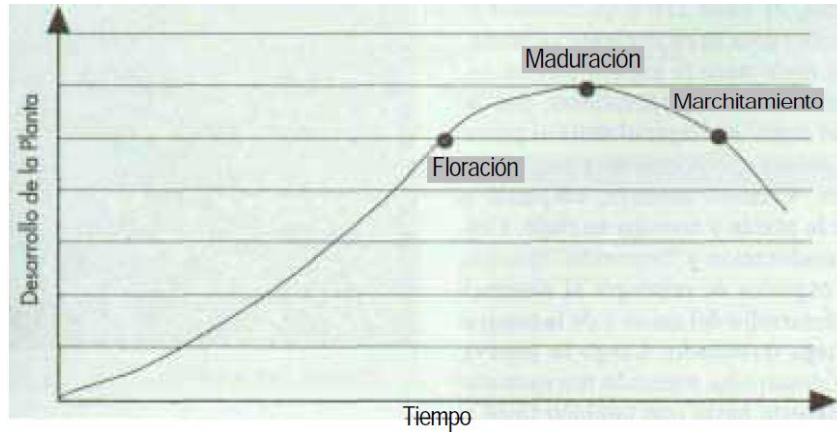


Figura 1.1. Ciclo de vida de una planta anual en la sucesión natural

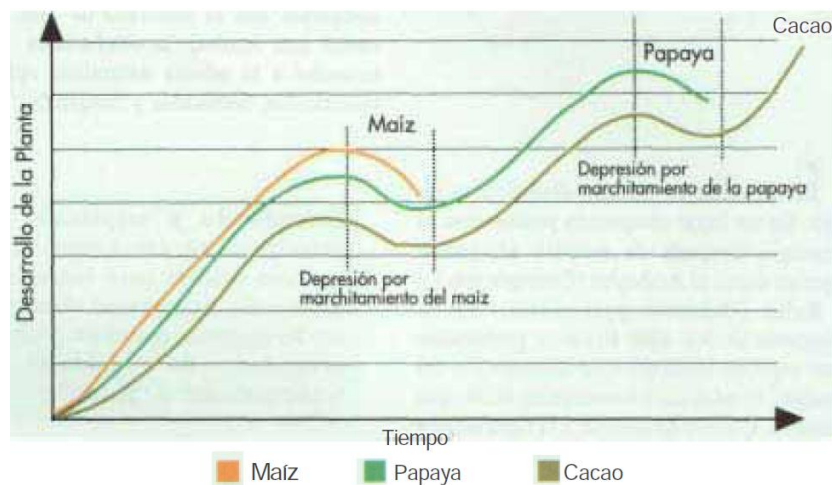


Figura 1.2. Dinámica de desarrollo maíz, papaya y cacao creciendo en forma conjunta en la sucesión natural

En la naturaleza sin embargo no crece una sola especie, sino muchísimas especies crecen en forma conjunta. Al analizar los procesos de la sucesión natural, podemos observar y diferenciar distintas etapas o ciclos de desarrollo. Al plantar por ejemplo maíz junto con papaya y cacao, el maíz crece primeramente muy rápido. Su curva de crecimiento asciende. Junto con el maíz crece la papaya y el cacao, que son influenciados positivamente por la dinámica del maíz. Al llegar el maíz al punto de florecer, reduce el crecimiento y disminuye la dinámica. Cuando madura, empieza a marchitarse la planta y termina su ciclo. Este proceso de maduración y "resorción"

(porque su materia orgánica se reintegra al sistema) deprime el desarrollo del cacao y de la papaya hasta que haya terminado. Luego la papaya continúa su desarrollo, tomando nuevamente un impulso fuerte hasta que también llega a madurar.

El momento de la depresión en el desarrollo, cuando madura una especie podemos sobrepasar, cuando cosechamos o podamos en el momento oportuno. En caso del maíz, cuando está en "choclo" habría que quebrar su flor macho y la espiga respectivamente. Con esta actividad estaría "neutralizada" su influencia depresiva y el desarrollo de las otras especies continúa con la misma dinámica como antes. Cuando la papaya concluye su vida después de pocos años la cortamos de igual manera, para que el cacao junto con las otras especies que le acompañen continúe su desarrollo con vigor.

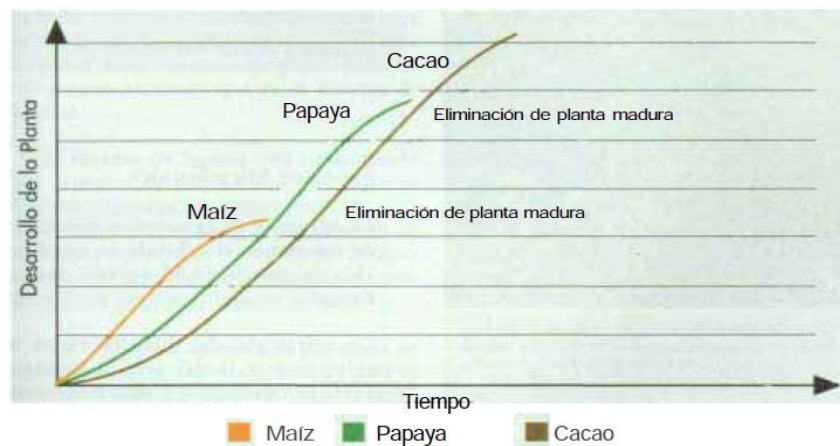


Figura 1.3. Dinámica de desarrollo de maíz, papaya y cacao en el momento de maduración en la sucesión natural

Para aprovechar adecuadamente esta dinámica de procesos sucesionales tenemos que combinar especies que se complementan en el tiempo y en el estrato que ocupan, tratando de imitar en la mejor forma posible la dinámica y estructuración de un bosque. Antes de que una especie entre en proceso de maduración (cuando concluye su ciclo de vida), que en caso del maíz dura aprox. 4 a 5 meses y en caso de la papaya 36 a 48 meses, debemos cortarla o, tratándose de especies arbóreas o arbustivos, podarlas para rejuvenecerlas. Así aprovechamos nuevamente su dinámica para todas las especies que le rodean.

1.6.3. Procesos sucesionales

GÖTSCH (1995) muestra que la vida en cada lugar se organiza en sistemas. La vida de cada lugar es compleja y se transforma en sistemas cada vez más complejos y por lo tanto estos sistemas no son algo estáticos sino muy dinámicos y son:

Tabla 1.4. Atributos de las plantas en los primeros estados de la sucesión

ATRIBUTOS DE LAS PLANTAS	PRIMEROS ESTADOS DE SUCESIÓN	ULTIMOS ESTADOS DE SUCESIÓN
Biomasa	Reducida	Grande
Longevidad	Corta	Larga
Tipo de dispersión dominante	Muy efectiva	Pobre
Morfología y fisiología	Simple	Compleja
Eficiencia fotosintética de las plantas dominantes a baja luminosidad	Baja	Alta
Consumo de nutrientes	Baja	Alta
Consumo de nutrientes	Rápido	Lento
Cobertura de plantas hasta limitación de recursos	Rápida	Lenta
Almacenamiento de nutrientes	Suelo y humus	Biomasa viva y humus
Papel descomponedores en ciclo de los nutrientes	Mínimo	Importante
Ciclos biogeoquímicos	Abiertos y rápidos	Cerrados y lentos
Productividad primaria neta	Alta	Baja
Importancia del macroambiente en el éxito de las plantas	Grande	Moderado
Estabilidad del ecosistema	Baja	Alta
Longevidad de las semillas	Larga	Corta

GÖTSCH (1995) manifiesta que la estrategia del planeta tierra es complementar a la del sol. El convierte mediante la vida vegetal y animal la energía radial del sol en complejos orgánicos. Cada ser vivo tiene su función específica contribuyendo directamente en estos procesos mayormente a través de la fotosíntesis o quemosíntesis hecho por las plantas, bacterias y algas verdes o indirectamente, cumpliendo funciones de transformación, intermediación, transporte, optimización y aceleración de procesos sucesionales. El excedente de energía solar transformada en complejos orgánicos está

siendo depositado en los pantanos (formando carbono en el transcurso del tiempo) y en los fondos de los mares tropicales (formando petróleo y gas).

a) Sistema de colonizadores

Se encuentran en terrenos completamente destruidos, barrancos, quebradas y lugares súper explotados. En rocas peladas por ejemplo pueden colonizar primero diferentes bacterias que crean condiciones para el desarrollo de algunos musgos y líquenes. Cuando ellos a su vez han creado suficientes condiciones para permitir el desarrollo de especies más exigentes, entran las llamadas plantas pioneras del sistema que es el Sistema de Lignina.

b) El sistema de lignina

Está caracterizado por especies de plantas con una relación Carbono/Nitrógeno muy amplia. El componente de lignina en la composición de la materia orgánica es elevado y por lo tanto la descomposición de la materia orgánica como las hojas y las partes leñosas es lenta. Los árboles que aparecen en el sistema de lignina no tienen frutos comestibles para el hombre o animales de porte grande. Es el lugar de insectos nocivos para nosotros y de animales pequeños como ratones, culebras venenosas y pájaros pequeños. Cuando las condiciones de vida fueron mejoradas a través de la dinámica de la misma vida (procesos sucesionales).

c) Sistemas intermediarios

En suelos formados por rocas graníticas nuevas o en basalto, la vida tiene más facilidad para llegar a este estado. En el sistema intermediario existen ya mejores condiciones de vida para especies, dadas por su composición carbono/nitrógeno ya más estrecho con frutas y semillas mejores y animales de porte mediano. En su culminación de la complejificación, la vida pasa generalmente con más facilidad en bosques ciliares, bosques aluviales, en hoyadas y cuencas hidrográficas para sistemas de lujo.

Es el lugar y constituye el hábitat para animales de porte grande y donde la vegetación se halla caracterizada por su estrecha relación de C/N.

d) Sistema de lujo

GÖTSCH (1995) denomina en función al hombre. Las especies del sistema de lujo están caracterizadas por tener frutas grandes con bastante contenido en carbohidratos,

grasas y proteínas y que dan el hábitat para animales de porte grande. El hombre como "animal grande" necesita condiciones del sistema de lujo para poder existir. Los procesos de transformación en el sistema de lujo son muy intensivos y el flujo de carbono es muy alto (mayor actividad de microorganismos). Dentro de cada sistema descrito existe una secuencia en la dominancia de diferentes consorcios de especies.

El grado de desarrollo de cada Sistema puede estar caracterizado por la etapa y sus respectivas especies que predominan dentro de la sucesión natural. Así, cada sistema tiene sus propios consorcios de pioneros, secundarios, intermediarios y primarios característicos, que además varían según las características ecológicas del lugar. Los principios de la sucesión sin embargo, son los mismos en cualquier ecosistema.

El entendimiento de los principios de la sucesión y los conocimientos de sus respectivas especies que los caracterizan en cada etapa y en cada ecosistema, son la clave para el manejo exitoso de sistemas agroforestales dinámicos y estratificados.

GÖTSCH (1995) menciona que la sucesión natural es realizada de manera dinámica de la vegetación como:

1. Pioneros

Después de la eliminación de la capa vegetal primaria (cuando se cae un árbol emergente deja un claro muy grande; después de chaqueos y quemas) aparecen muchas plantas pioneras, junto con todas las especies de las siguientes sucesiones. La mayoría de nuestros cultivos del ciclo corto pertenecen al grupo de los pioneros del sistema de lujo como por ejemplo: maíz, arroz, camote, soya, frijol, zapallo, tomate y sandía

2. Secundarios

Junto con los pioneros nacen también ya los secundarios quienes los dominan después de uno o dos años. Dentro de los secundarios existen especies con diferentes ciclos de vida que varía de tres, cinco, diez, quince, veinte, treinta y cincuenta años aproximados en los más conocidos en nuestro medio son: yuca, maíz, piña, caña de azúcar, papaya, palillo, plátano, maracuyá, morera, hibisco, xuxu, cardamomo, palo barbecho, balsa, pacay, guazumo, toco, chima y otros más.

3. Transicionales

Especies que forman parte del bosque transicional son por ejemplo: asaí, motacú, naranja y otras especies de citrus, papaya del monte, ceibo, pan de árbol, guanábana, lima limón, mandarina criolla y palto.

4. Primarios

Los primarios están conformados por especies que forman el bosque primario y que dominan a los transicionales formando luego también el estrato superior y los árboles emergentes del bosque. Los primarios nacen también junto con los pioneros, los secundarios y los transicionales, y necesitan ser criados y llevados por ellos. Ejemplos de especies del bosque primario (y de cultivos) del sistema de lujo en nuestra zona: cacao, copuazú, achachairú, café, cayú, mara, flor de mayo, solimán, ficus, goma, castaña, ajoajo, majo y otros.

Para llegar dentro de la sucesión hasta la formación del bosque primario es necesario pasar por cada etapa prevista en la sucesión natural. No es posible saltar una de las etapas sucesionales.

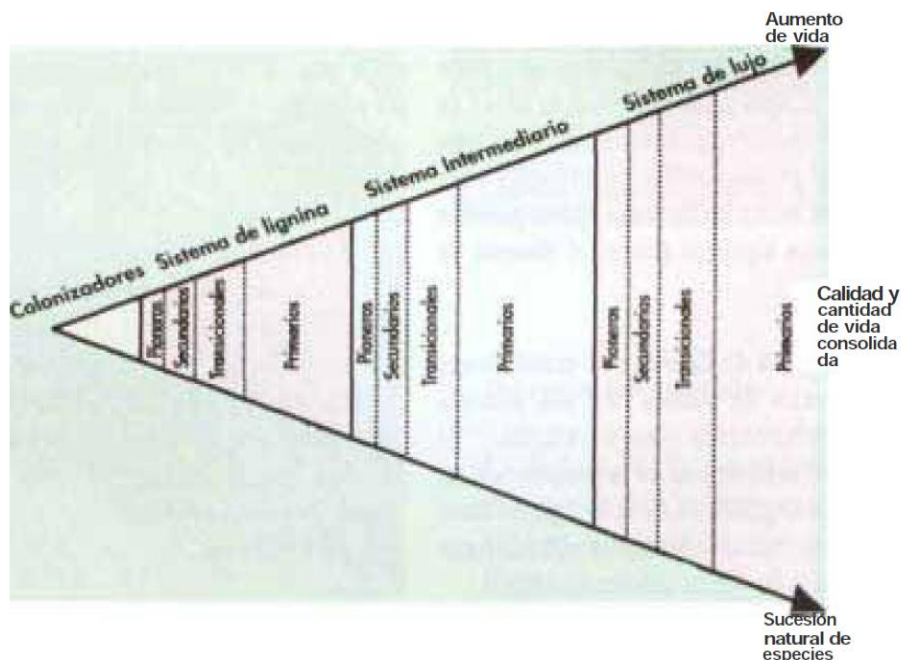


Figura 1.4. La sucesión natural según Ernst Götsch (1995)

GÖTSCH (1995) indica la forma de explotar la tierra en nuestro medio es tumar el bosque primario para crear condiciones para nuestros "pioneros". Cuando ya no se

puede cultivar más a estos pioneros se deja el terreno en descanso o en barbecho, quiere decir que crecen las especies del bosque “secundario”. El bosque secundario se chaquea y se lo quema después de 5 a 7 años y otra vez se cultiva especies que pertenecen a los consorcios de los pioneros. Según las condiciones de suelo y clima, esta actividad tiene como consecuencia que el sistema de lujo se degrada hacia el sistema intermediario o peor aún al sistema de lignina. Habiendo retrocedido ya hasta el sistema intermediario o de lignina, ya no resulta más el cultivo de nuestras especies que son principalmente pioneras del sistema de lujo.

1.6.5. Consecuencias al no respetar la sucesión natural

Durante un tiempo se insiste en muchos casos en seguir cultivando, aplicando abonos químicos y pesticidas, hasta que el ecosistema está tan degradado que ya no da ningún cultivo. En estos casos muchos agricultores plantan pioneros del sistema intermediario que son las gramíneas (pastos), que son expulsados finalmente por pioneros del sistema de lignina como el sujo (*Imperata* spp.). Llegando a este punto, tampoco ya no da más siquiera la ganadería. Como consecuencia de la degradación de los suelos y ecosistemas completos, surgen los llamados "desastres naturales" como sequías, inundaciones y huracanes.

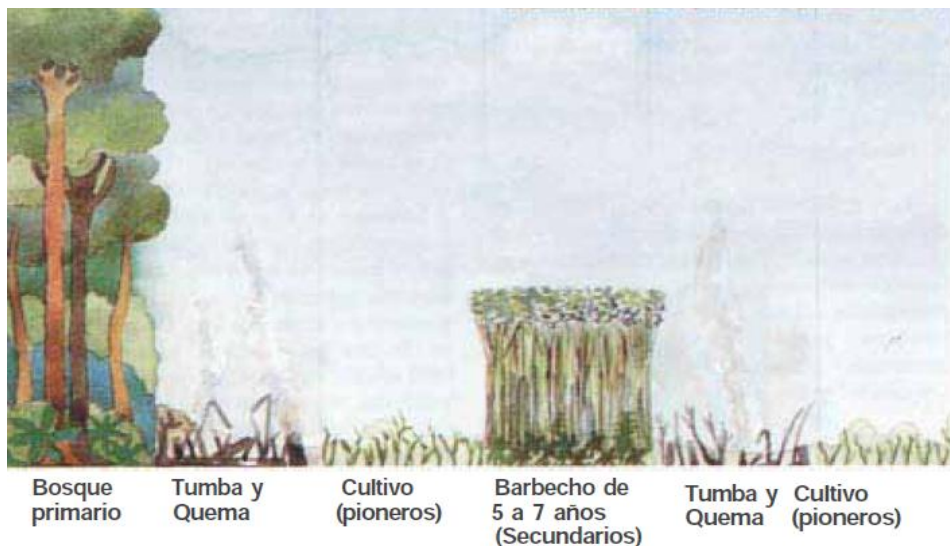


Figura 1.5. Producción agrícola dentro del esquema de sucesión natural

Fuente: Götsch (1995).

1.6.6. Manejo del sistema para aprovechar la dinámica de la sucesión natural

GÖTSCH (1995) indica conociendo de cada especie la función que ella cumple y el lugar, el nicho que ella ocupa dentro los procesos de la sucesión natural uno puede hacer y duplicar lo que la misma naturaleza también sin la presencia del hombre hace.

Para poder aprovechar de la dinámica de la sucesión natural hay que saber y considerar los aspectos detallados a continuación:

a) Plantaciones densas

Plantar policulturas con espaciamiento de cada especie usada como si fuera cultivado en monocultivo, tratándose de pioneros y de secundarios de ciclo de vida corta y 5, 10 o 20 veces más denso tratándose de especies arbóreas y arbustivas.

- Incluir desde el inicio las especies de todos los consorcios que forman un sistema, que son los pioneros, secundarios, transicionales y primarios.
- Plantar la mayor diversidad posible de especies para aprovechar todos los nichos que el ecosistema del lugar ofrece.

Anticipar y considerar la sucesión de los diferentes consorcios (los pioneros hasta los primarios) de un sistema en el transcurso del tiempo, asimismo, la estratificación de las especies de cada consorcio. De esta manera no hay competencia entre las especies, sino más bien se dinamizan entre ellas - una especie complementa a otra, y las especies de los consorcios anteriores crían los que siguen.

b) Ocupar todos los nichos

Todos los espacios, todos los nichos que nosotros no ocupamos con nuestras plantas cultivadas, la naturaleza los ocupa. Estas especies ayudan para optimizar las condiciones de vida del lugar. Bajo condiciones naturales, normalmente no existen lugares donde el suelo esta descubierto. Cuando ya hay un desequilibrio, en muchos casos, son justamente, los "chijis" - las gramíneas y otras hierbas - que ocupan estos espacios.

Nosotros intervenimos, realizando deshierbes para controlar estas "malezas". Sin embargo, no resolvemos la causa del problema arrancando las "malezas" y, por eso, tampoco mejoramos las condiciones de vida en el lugar de la intervención: al contrario, el suelo queda más pobre.

Si nosotros ocupamos todos los nichos con cada una de las especies adecuadas, entonces la naturaleza ya no necesita ayudar mediante las gramíneas y otras "malezas", y la intervención de tales "limpiezas" o "deshierbes" quedará innecesaria. Cuando aparecen "malezas" en nuestros cultivos, quiere decir que no hemos aprovechado bien el espacio, que no hemos ocupado todos los nichos que el sistema ofrece.

c) Deshierbes selectivos

En vez de hacer limpiezas indiscriminadas se debe dejar las plantas jóvenes del futuro y hacer solamente deshierbes en forma selectiva, con la finalidad de reciclarlos, cortando solamente las gramíneas y herbáceas en fructificación.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

El presente trabajo experimental se desarrolló en el Centro Poblado de Natividad del distrito de Pichari, provincia La Convención, departamento Cusco situado a 485 msnm, entre las coordenadas UTM: X, 611677 Y, 8646480. Geográficamente se ubica a la margen izquierda del Río Apurímac en la cuenca del Valle del Río Apurímac y Ene, a 40 km de la ciudad de Pichari.

2.2. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL SUELO

Tabla 2.1. Características físicas y químicas del suelo del Fundo Natividad, Pichari- 485 msnm – La Convención – Cusco

Elementos	Contenido	Interpretación
Materia Orgánica (%)	2.57	Medio
N total (%)	0.13	Pobre
P disponible (ppm)	5.11	Medio
K disponible (ppm)	92	Alto
CIC (meq/100 g)	14.31	Bajo
pH (suelo-agua 1:25)	6.7	Ligeramente acida
Arcilla (%)	27	-
Arena (%)	35	-
Limo (%)	38	-
Clase textural		Franco

Fuente: Laboratorios de suelos "Multiservicios Agrolab."

Para determinar las características físicas y químicas del suelo, se realizó el correspondiente análisis en el Laboratorio de Suelos "Multiservicios Agrolab". El suelo del terreno experimental fue muestreada de acuerdo al método convencional, a una

profundidad de 20 cm, luego todas las muestras fueron mezcladas, obteniéndose una muestra homogénea de 1 kg, para obtener una muestra representativa, cuyos resultados se muestra en la tabla 2.1.

De la tabla 2.1, los resultado del análisis de suelos, el campo experimental presentan un pH ligeramente ácido, además tiene 0.13% de N total, P disponible 5.11 ppm y K disponible 92 ppm; los cuales de acuerdo a la interpretación de IBÁÑEZ Y AGUIRRE (1983), representan contenidos de pobre, medio y alto, respectivamente. Además según el contenido de arena, limo y arcilla corresponde a un suelo de clase textural franco.

2.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El distrito de Pichari, se ubica en la región de Selva Alta, con una topografía bastante accidentada, de clima sub tropical y húmedo, con una precipitación pluvial anual de 2000 mm.; siendo junio y julio los meses más secos y diciembre a marzo los meses más lluviosos. La temperatura promedio anual es de 23.9 °C, con valores mínimos y máximos de 17.5 y 30.4 °C respectivamente, como muestra el Tabla 2.2 y Figura 2.1.

En términos generales el clima del Valle del Rio Apurímac es favorable para el desarrollo de la agricultura tropical de siembra del maíz amarillo, las precipitaciones son suficientes para satisfacer la demanda de los cultivos en la zona (1,800 a 2,250 mm/año), la alta humedad de más de 85% acompañada de alta temperatura máxima aceleran la descomposición de la materia orgánica y el rápido crecimiento de la vegetación.

La intensidad de la radiación solar es atenuada por la exuberante vegetación tanto en las áreas altas de bosques de protección como de las medias con cultivos permanentes en producción o en “purmas”. (ESTACIÓN METEOROLÓGICA – KIMBIRI, 2012).

Tabla 2.2. Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2012 de la Estación Meteorológica KIMBIRI-Cuzco

Distrito	: Kimbiri	Altitud	: 680 msnm
Provincia	: La Convención	Latitud	: 12° 33' 27.4"
Departamento	: Cuzco	Long.	: 73° 44' 21.4"

AÑO	2011													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total	Prom
T° <u>Máxima</u> (°C)	31.50	32.00	31.20	32.50	28.70	27.80	27.40	28.40	29.40	31.00	32.10	32.40		30.4
T° <u>Mínima</u> (°C)	18.50	18.50	17.60	17.80	16.50	15.80	15.20	16.60	17.20	18.50	18.40	19.50		17.5
T° <u>Media</u> (°C)	25.00	25.25	24.40	25.15	22.60	21.80	21.30	22.50	23.30	24.75	25.25	25.95		23.9
Factor	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96		
ETP(mm)	124.0	113.1	121.0	120.7	112.1	104.6	105.6	111.6	111.8	122.7	121.2	128.7	1,397	
<u>Precip</u> (mm)	215.5	285.4	240.5	155.2	100.2	85.5	75.5	68.2	98.6	102.0	124.5	180.5	1,731	

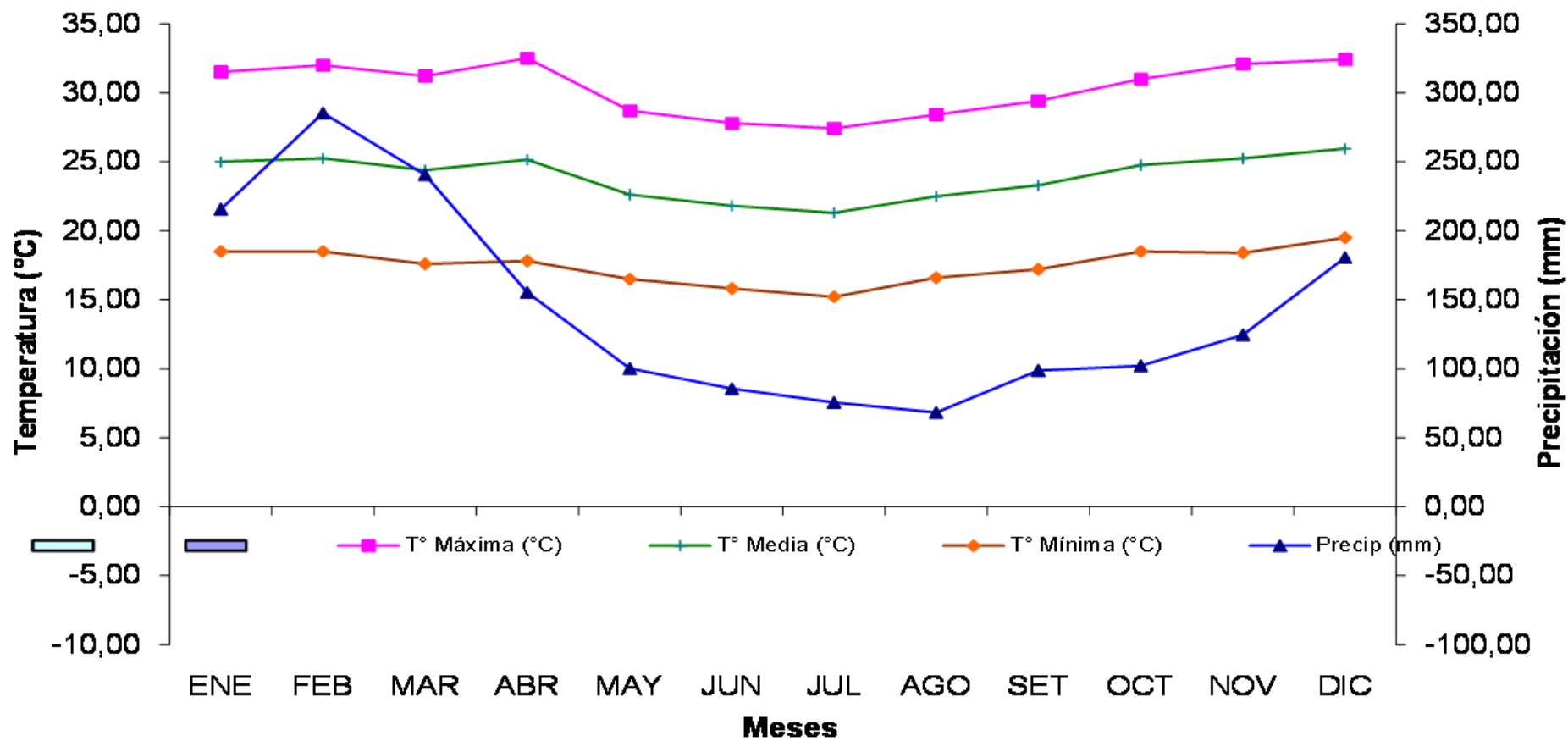


Figura 2.1. Temperaturas máxima, mínima, promedio y precipitación mensual. Kimbiri, Cuzco 2012

2.4. MATERIAL GENÉTICO

Las semillas fueron seleccionadas mediante muestreos de diferentes agricultores de la localidad de Natividad, estas se trataron por un proceso desinfectante de semillas con el Arazan (2gr/10kg), para la prevención óptima de los hongos en la germinación y crecimiento de los cultivares:

- ✓ Semilla botánica de Maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), variedad INIA-611
- ✓ Semilla botánica de caupí (*Vigna unguiculata* L.)

2.5. TRATAMIENTOS

Tabla 2.3. Tratamientos establecidos. Pichari, Cuzco 485 msnm

Tratamiento	Descripción
T ₁	Siembra del maíz 5 días antes que el frijol caupí
T ₂	Siembra del maíz 10 días antes que el frijol caupí
T ₃	Siembra del maíz 15 días antes que el frijol caupí
T ₄	Siembra del maíz 20 días antes que el frijol caupí
T ₅	Siembra del frijol caupí 5 días antes que el maíz
T ₆	Siembra del frijol caupí 10 días antes que el maíz
T ₇	Siembra del frijol caupí 15 días antes que el maíz
T ₈	Siembra del frijol caupí 20 días antes que el maíz
T ₉	Siembra simultanea del frijol caupí y maíz
T ₁₀	Siembra tradicional en monocultivo del frijol caupí
T ₁₁	Siembra tradicional en monocultivo del maíz

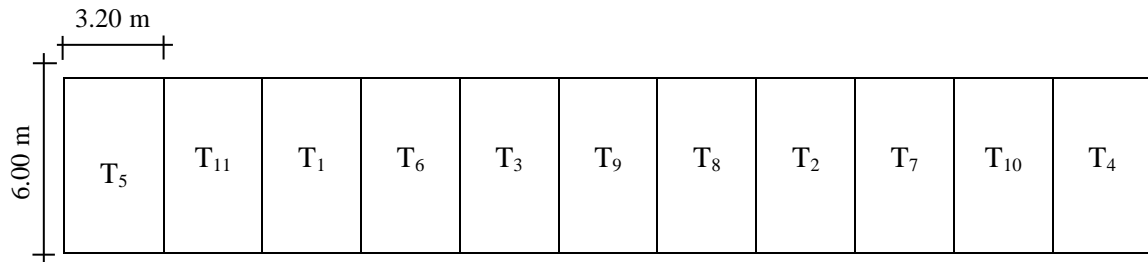
2.6. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

2.6.1. Características del campo experimental

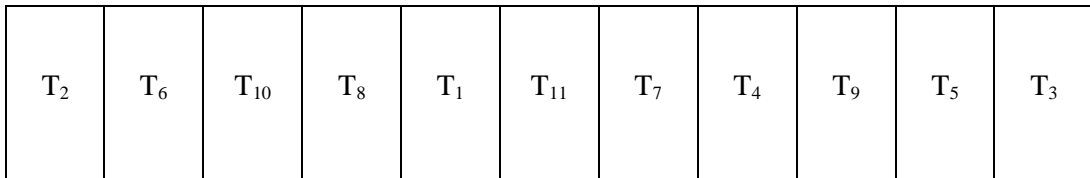
- ✓ Ancho del bloque : 6.0 m
- ✓ Largo del bloque : 35.20 m
- ✓ Ancho de la calle : 1.5 m
- ✓ Área de la unidad experimental : 19.20 m²
- ✓ Número de unidad experimental : 33 Und.
- ✓ Distanciamiento entre surco maíz : 0.80 m
- ✓ Distanciamiento entre golpes maíz : 0.60 m
- ✓ Distanciamiento entre surco Caupi : 0.80 m

✓ Distanciamiento entre golpes Caupi : 0.60 m

BLOQUE I



BLOQUE II



BLOQUE III

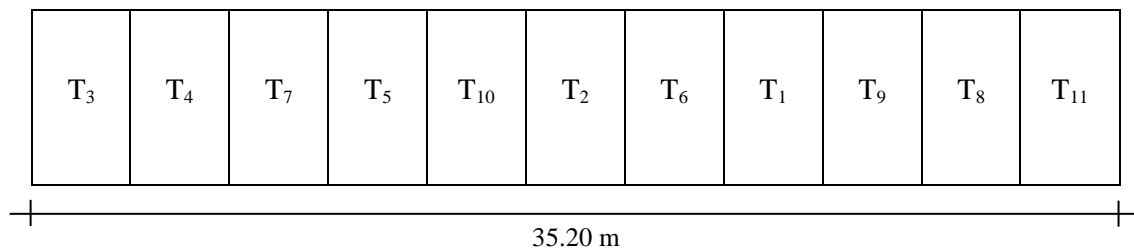


Figura 2.2. Croquis experimental

2.6.2. Características de la unidad experimental

Las características de las unidades experimentales, se muestra en las figuras 2.3, 2.4 y 2.5.

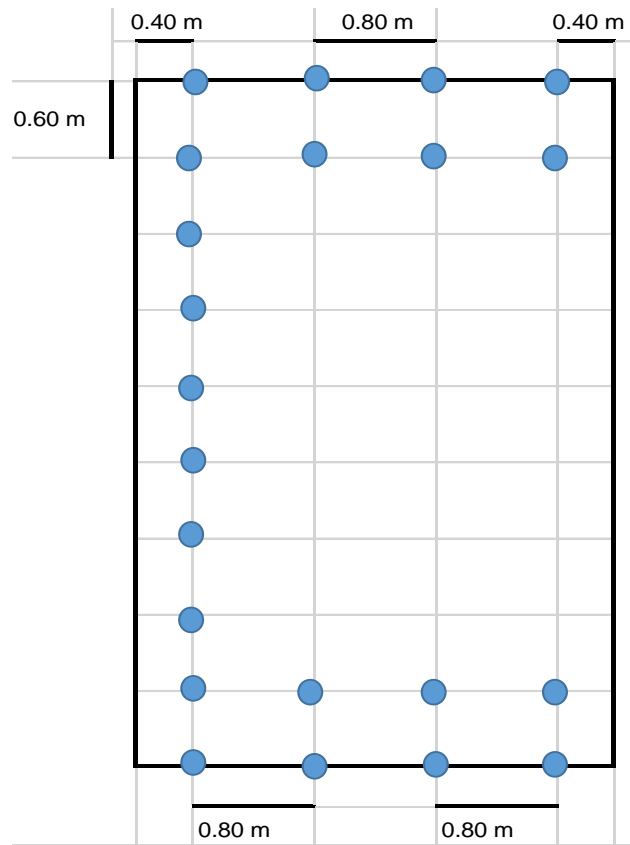


Figura 2.3. Unidad experimental del monocultivo de maíz

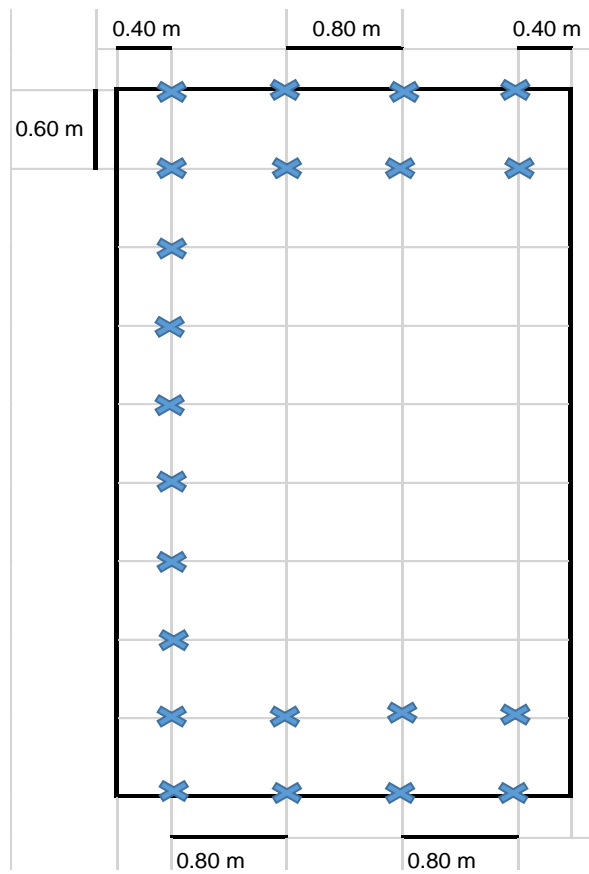


Figura 2.4. Unidad experimental del monocultivo del frijol caupí

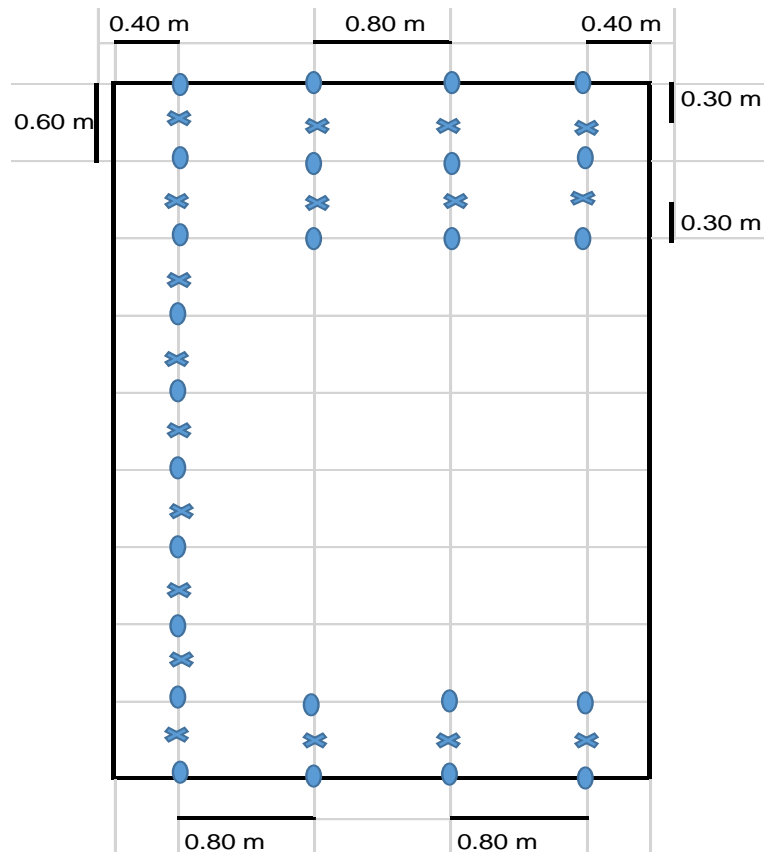


Figura 2.5. Unidad experimental del cultivo de maíz asociado con el frijol caupi

2.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo en el diseño experimental de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con 11 tratamientos y tres bloques, cuyo Modelo Aditivo Lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3 \dots t$$

$$j = 1, 2, 3 \dots r$$

Siendo: Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

μ = media general de la variable de respuesta

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} = error asociado a la ij -ésima unidad experimental.

2.8. VARIABLES DE EVALUACIÓN

2.8.1. Cultivo de maíz

A. Precocidad

a. Día a floración masculina

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas presentaron las panojas desprendiendo el polen.

b. Días a floración femenina

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas presentaron sus flores femeninas (pistilos).

c. Días a madurez fisiológica

Se evaluó contando el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las brácteas de la mazorca se tornaron a un color pajizo con 30 a 35% de humedad aproximadamente.

d. Días a madurez de cosecha

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las brácteas del 100% de las plantas tomaron un color pajizo alcanzando una humedad aproximada de 18 a 22%.

B. Productividad

a. Longitud de mazorcas

Una vez despancado las mazorcas se procedió a medir la longitud de cada una de las mazorcas de las 10 plantas seleccionadas al azar de los surcos centrales, estimándose el tamaño en centímetros.

b. Peso de mazorcas

Se procedió a pesar cada una de las mazorcas de las 10 plantas seleccionadas al azar de los surcos centrales, utilizando una balanza de precisión.

c. Número de hileras por mazorca

Se contaron el número de hileras por mazorca, del total de mazorcas cosechadas en los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

d. Número de granos por hilera

Se contaron el número de granos por hilera del total de mazorcas cosechadas en los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

e. Rendimiento total de grano seco expresado en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Cuando la planta alcanzó la madurez de cosecha y los granos tenían aproximadamente un 18 % de humedad, la cosecha fue del total de la parcela dejando 0.5 m en la base y cabecera de cada una de las unidades experimentales, con el fin de evitar los efectos de borde, y de esta manera estimar los rendimientos de grano seco expresados en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para cada unidad experimental.

2.8.2. Cultivo de frijol caupí

A. Precocidad

a. Días a la floración

Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las plantas presentaron plena floración, es decir, por lo menos tres botones florales muestren con claridad los pétalos.

b. Días a la formación de vainas

Se evaluó el número de días transcurridos a partir de la siembra hasta que más del 50% de las plantas presentaron la formación de vainas.

c. Días a la madurez fisiológica

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de las vainas se tornaron a un color pajizo con 30 a 35% de humedad.

d. Días a la cosecha

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que las vainas del 100 % de las plantas tomaron un color pajizo alcanzando una humedad aproximada de 18 a 22 %.

B. Productividad

a. Longitud de vainas

Se efectuó la medición de 10 vainas tomadas al azar, desde la base hasta el ápice de la vaina, obteniendo el promedio en cada uno de los tratamientos.

b. Número de vainas por planta

Se contó el número de vainas por planta en diez muestras competitivas por unidad experimental en el momento de la cosecha.

c. Número de granos por vaina

Se tomó diez plantas competitivas en cada unidad experimental y diez vainas por planta, en los cuales se contaron el número de granos por vaina.

d. Rendimiento total de grano seco expresado en kg. ha⁻¹

Cuando los granos del caupi alcanzaron una humedad aproximada entre 18 y 20 %, se procedió a la cosecha de los golpes intercalados con el maíz y el monocultivo dejando 0.5 m en la base y cabecera de cada una de las unidades experimentales, con el fin de evitar los efectos de borde, y de esta manera estimar los rendimientos de grano seco expresados en kg.ha⁻¹ para cada unidad experimental.

2.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico realizado fue el ANVA, para las variables en estudio y las pruebas de significación de Tukey entre los monocultivos y asociados del maíz y frijol caupi.

2.10. RENTABILIDAD ECONÓMICA

La rentabilidad económica se determinó en base a la siguiente relación B/C:

$$\text{IR}=(\text{Utilidad neta/ Costo total})$$

2.11. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.11.1. Habilitación del terreno

Antes de la preparación del terreno, se realizó la limpieza del campo experimental, para luego trazar el campo experimental de acuerdo al croquis previamente establecido en tres (3) bloques para respectiva siembra en surcados de 0.80m, la cual se realizó el 02 de setiembre del 2017.

2.11.2. Abonamiento

Se utilizó la fórmula de abonamiento de 100-80-80 de NPK para el frijol y 50-80-80 de NPK para el maíz, calculado en base al análisis del suelo, la extracción del cultivo y

contenido de nutrientes. Las fuentes de abonamiento fueron el fosfato di amónico, cloruro de potasio y nitrato de amonio, todo aplicado de acuerdo a la secuencia de siembra de acuerdo a los tratamientos.

2.11.3. Siembra

La siembra se realizó depositando 3 semillas de maíz y 3 de frijol caupi al fondo del surco a un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y a 0.60 m entre golpes intercalados en la siembra asociada y monocultivo, para luego taparlos con una porción de suelo. Esta actividad se realizó en forma secuencial en el tiempo tal como se muestra la tabla 2.4:

Tabla 2.4. Secuencia de siembra del maíz y frijol caupi

Periodo de siembra de maíz-frijol caupi		
Días de siembra	Etapas de siembra	Fecha de siembra
0 días	1 ^{ra} siembra	09/09/2017
5 días	2 ^{da} siembra	14/09/2017
10 días	3 ^{ra} siembra	19/09/2017
15 días	4 ^{ta} siembra	24/09/2017
20 días	5 ^{ta} siembra	29/09/2017

2.11.4. Raleo

Esta labor se realizó a los 20 días después de la emergencia en el maíz y a los 15 días de la emergencia en el frijol caupi, dejando 2 plantas por golpe, para asegurar una población uniforme de plantas en cada una de las unidades experimentales.

2.11.5. Riego

La conducción del experimento se desarrolló bajo condiciones de lluvia, razón por la cual no se realizó riego alguno.

2.11.6. Deshierbe

Se realizó en forma manual con la ayuda de un azadón, eliminando todas las plantas extrañas con el objeto de evitar la competencia del cultivo con las malezas por agua, luz, nutrientes y espacio: El primer deshierbe se realizó a los 10 días después de la siembra, tanto en monocultivo y asociado, el segundo deshierbe cuando las plantas han

alcanzado una altura promedio de 30 cm en el frijol caupi y 40 cm en el maíz y el tercer deshierbe se realizó al inicio de la floración masculina del maíz y al inicio de la floración en el frijol caupi.

2.11.7. Control fitosanitario

Habiéndose detectado un ligero ataque del gusano perforador (*Elasmopalpus lignosellus*) de plantas tiernas de maíz a los 30 días después de la siembra, se efectuó su control mediante la aplicación dirigida al cogollo de la planta de la cipermetrina a una dosis de 15 ml por mochila de 15 litros de capacidad. A los 50 días después de la siembra se aplicó la cipermetrina contra el cogollero (*Spodoptera frugiperda*) a la misma dosis. En cuanto a enfermedades no se observó ataque severo. En lo referente al frijol se presentó pudrición radicular y se combatió con remedios caseros, sin embargo, la planta necesita un manejo adecuado de la humedad mediante un ligero drenaje.

2.11.8. Cosecha

La cosecha del maíz se realizó cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha (entre los 125 y 130 días después de la siembra), cuando los granos tenían un aspecto ceroso y el endospermo completamente duro. Esta labor se efectuó entre el 12 y 17 de enero del 2018.

La cosecha del frijol caupi se realizó cuando las plantas habían alcanzado la madurez de cosecha (entre los 115 y 127 días después de la siembra), cuando los granos tenían un aspecto ceroso. Esta labor se efectuó entre el 02 y 14 de enero del 2018.

2.11.9. Secado

Esperando los días calurosos y sin lluvia las mazorcas cosechadas con cierta humedad se procedieron al secado durante 7 días en caso del maíz y en el frijol caupi 5 días.

2.11.10. Selección y desgrane

Con las mazorcas secas y las vainas se evaluó las variables de rendimiento realizando el correspondiente desgrane y las evaluaciones respectivas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CULTIVO DE MAÍZ

3.1.1. Variables de precocidad

Las variables de precocidad se evaluaron tomando un rango en número de días después de la siembra, donde ocurre un determinado estado fenológico en cada una de las unidades experimentales.

Tabla 3.1. Precocidad (dds) de secuencia de siembra en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm-Pichari

Tratamiento	Floración	Floración	Madurez	Madurez
	Masculina	Femenina	Fisiológica	cosecha
Maíz 5 días antes frijol (T ₁)	65-72	77-80	96-102	130
Maíz 10 días antes frijol (T ₂)	65-74	77-80	96-102	130
Maíz 15 días antes frijol (T ₃)	60-65	75-80	92-99	125
Maíz 20 días antes frijol (T ₄)	60-65	75-80	92-99	125
Frijol 5 días antes maíz (T ₅)	65-74	77-80	96-102	130
Frijol 10 días antes maíz (T ₆)	65-74	79-85	96-102	130
Frijol 15 días antes maíz (T ₇)	70-75	79-85	96-102	130
Frijol 20 días antes maíz (T ₈)	70-75	79-85	96-102	130
Simultaneo frijol y maíz (T ₉)	66-76	79-85	96-102	130
Monocultivo de maíz (T ₁₁)	60-65	75-80	92-99	125

dds: número de días después de la siembra.

En la tabla 3.1. Se muestra la precocidad en dds de secuencia en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de maíz, donde se observa que la floración masculina ocurrió entre los 60 y 65 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol y en monocultivo de maíz y entre los 65 y 74 dds en las unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y cuando el frijol se sembró 5 y 10 días antes que el maíz y entre 70 y 75 dds cuando el frijol

se sembró 15 y 20 días antes que el maíz. Finalmente en cultivo simultáneo de frijol y maíz la floración masculina ocurrió entre los 66 y 76 dds.

La floración femenina ocurrió entre los 75 y 80 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol y en monocultivo de maíz y entre los 77 y 80 dds en las unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y cuando el frijol se sembró 5 días antes que el maíz y entre 79 y 85 dds cuando el frijol se sembró 10, 15 y 20 días antes que el maíz y en siembra simultánea de frijol y maíz.

La madurez fisiológica ocurrió entre los 92 y 99 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol y en monocultivo de maíz y entre los 96 y 106 dds en las unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y cuando el frijol se sembró 5, 10, 15 y 20 días antes que el maíz y en siembra monocultivo de maíz.

La madurez de cosecha ocurrió a los 130 días en todas las unidades experimentales excepto en la siembra en monocultivo del maíz que se realizó a los 125 dds.

Los resultados indican que los caracteres de precocidad en número de días después de la siembra están influenciados por el carácter varietal de los genotipos evaluados y por el factor secuencia de siembra del cultivo asociado frijol caupí y maíz, tal es así que sembrando el maíz 15 y 20 días antes que el frijol se observa mayor precocidad en el cultivo de maíz a la madurez fisiológica, mientras que en la secuencia de la siembra de frijol 5, 10, 15 y 20 días antes que el maíz, el cultivo de maíz retrasa su madurez fisiológica comportándose como semiprecoz.

La precocidad del cultivo de maíz en secuencia de cultivo asociado sembrando 15 a 20 días antes que el frijol se debe a que en los primeros días el maíz desarrolla adecuadamente, luego por efecto de la competencia interespecífica con el cultivo de frijol se comporta como semiprecoz, porque cuando el cultivo está expuesto a la competencia por agua, luz y nutrientes trata de cumplir con su ciclo de vida cuanto más antes, resultando en la mayor precocidad del cultivo.

3.1.2. Variables de productividad

a. Longitud de mazorca

Realizado el análisis de variancia para la longitud de mazorca en las diferentes secuencias y monocultivo de maíz (Tabla 3.2) no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques, pero sí una alta diferencia estadística en la fuente de variación tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 3.61 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.2. ANVA de la longitud de mazorca en las diferentes secuencia de siembra y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	2.07	1.03	2.48	0.111 ns
Tratamientos	9	35.16	3.91	9.39	<0.000 **
Asocia Vs Maíz	1	8.78	8.78	21.12	0.0002 **
Error	18	7.49	0.42		
Total	29	44.71			

C.V. = 3.61 %

Tabla 3.3. Prueba de Tukey de la longitud de mazorca en secuencia de la asociación y monocultivo del maíz. Natividad 485 msnm- Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del maíz (T ₁₁)	19.5	a
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	19.1	a b
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	18.9	a b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	18.7	a b c
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	17.7	a b c d
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	17.5	b c d
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	17.2	b c d
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	17.2	c d
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	16.6	c d
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	16.0	d

En la tabla 3.3 se muestra la prueba de Tukey de la longitud de mazorca en secuencia de la asociación y monocultivo de maíz, donde la siembra de monocultivos del maíz (T₁₁), siembra de maíz 20, 15 y 10 días antes de la siembra del frijol (T₄, T₃, y T₂) sin que

exista diferencia estadística entre ellos, son los tratamientos que reportan la mayor longitud de mazorca con valores de 19.5, 19.1, 18.9 y 18.7 cm respectivamente; mientras en la secuencia de siembra del frijol 15 y 20 días antes de la siembra del maíz (T₇ y T₈) reportan la menor longitud de mazorca con 16.6 y 16.0 cm, respectivamente.

Estos resultados se deben a que los cultivos que emergen primero son los que manejan la situación, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el maíz dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el frijol reportando los mayores valores en longitud de mazorca.

RUPAY (2014) en un trabajo experimental sobre la asociación intercalada múltiple maíz con caupí y la asociación intercalada lineal maíz con caupí reporta valores promedios de 20.0 y 18.6 cm de longitud de mazorca, el maíz en monocultivo ocupó el tercer lugar con 18.02 cm de longitud de mazorca. Estos valores se muestran similares a los obtenidos en el presente trabajo experimental, con la indicación que este se realizó en secuencia de siembra de cultivo asociado de frijol caupí y maíz.

b. Peso de mazorca

Realizado el análisis de variancia para el peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz (Tabla 3.4) no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques, pero sí una alta diferencia estadística en la fuente de variación tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 2.96 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.4. ANVA del peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	193.00	96.50	2.46	0.114 ns
Tratamientos	9	5596.65	621.85	15.83	<.0001 **
Asocia Vs Maíz	1	1810.15	1810.15	46.09	<.0001 **
Error	18	706.97	39.28		
Total	29	6196.62			

C.V. = 2.96 %

En la tabla 3.5 se muestra la prueba de Tukey del peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde la siembra de monocultivo del maíz (T₁₁), siembra de maíz 20 y 15 días antes de la siembra del frijol (T₄ y T₃) sin que exista diferencia estadística entre ellos, son los tratamientos que reportan el mayor peso de mazorca con valores de 235.0, 232.5 y 220.3 g, respectivamente; mientras en la secuencia de siembra del frijol 15 y 20 días antes de la siembra del maíz (T₇ y T₈) reportan el menor peso de mazorca con 196.6 y 193.0 gramos, respectivamente.

Tabla 3.5. Prueba de Tukey del peso de mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

Tratamiento	Promedio (g)	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del maíz (T ₁₁)	235.0	a
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	232.5	a b
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	220.3	a b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	216.3	b c d
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	210.4	c d c
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	209.3	c d c e
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	204.6	c d c e
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	199.2	c d c e
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	196.6	d c e
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	193.0	e

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que manejan la situación, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el maíz dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el frijol reportando los mayores valores en peso de mazorca.

FUENTES (1990) menciona que las técnicas agronómicas apropiadas que permiten incrementar el rendimiento del cultivo de maíz, mediante la asociación de cultivos (leguminosas) frijol Caupí y maní en sistemas de maíz por sus numerosas ventajas biológicas como económicas que brinda esta tecnología, siendo una alternativa que puede dar más opciones al productor para enfrentar la problemática económica. En los resultados se obtienen respuesta en los buenos pesos de mazorca que van de 200 a 350 g. En el presente experimento se trabajó con el cultivar local de libre polinización. En

monocultivo se obtuvo el mayor peso con 235 g valor es similar a lo reportado por FUENTES (1990).

c. Número de hileras

En la tabla 3.6 se muestra el ANVA del número de hileras de la mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques, diferencia estadística en la fuente de variación tratamiento y diferencia altamente estadística en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 3.15 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.6. ANVA del número de hileras de la mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.08	0.04	0.21	0.811 ns
Tratamientos	9	5.73	0.64	3.46	0.012 *
Asocia Vs Maíz	1	0.67	0.67	3.61	0.073 ns
Error	18	3.32	0.18		
Total	29	9.13			

C.V. = 3.15 %

Tabla 3.7. Prueba de Tukey del número de hilera por mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	14.3	a
Siembra tradicional en monocultivo del maíz (T ₁₁)	14.1	a b
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	14.0	a b
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	13.8	a b
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	13.7	a b
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	13.5	a b
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	13.5	a b
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	13.1	a b
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	13.1	b
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	12.9	b

En la tabla 3.7 se muestra la prueba de Tukey del número de hilera por mazorca en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde la siembra de maíz 20 días antes de la siembra de frijol (T₄), monocultivos del maíz (T₁₁), siembra de maíz 15 días antes de la siembra del frijol (T₃) y en siembra simultánea de maíz y frijol (T₉) sin que exista diferencia estadística entre ellos son los tratamientos que reportan el mayor número de hilera de la mazorca con valores de 14.3, 14.1, 14.0 y 13.8 hileras por mazorca, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del frijol 15 y 20 días antes de la siembra del maíz (T₇ y T₈) reportan el menor número de hilera por mazorca con 13.1 y 12.9 hileras, respectivamente.

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que manejan la situación, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el maíz dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el frijol reportando los mayores valores en número de hileras por mazorca.

d. Número de granos por hilera

Tabla 3.8. ANVA del número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	1.27	0.63	0.28	0.754 ns
Tratamientos	9	219.87	24.43	10.80	<0.000 **
Asocia Vs Maíz	1	60.68	60.68	26.82	0.0001 **
Error	18	40.73	2.225		
Total	29	261.87			

C.V. = 3.88 %

En la tabla 3.8 se muestra el ANVA del número de número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 3.88 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

En la tabla 3.9 se muestra la prueba de Tukey del número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde la siembra en monocultivo de maíz (T₁₁), siembra de maíz 20 y 15 días antes de la siembra de frijol (T₄ y T₃) , sin que exista diferencia estadística entre ellos son los tratamientos que reportan el mayor número de granos por hilera en mazorca con valores de 32.3, 31.7 y 31.5 granos por hilera en mazorca, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del frijol 15 y 20 días antes de la siembra del maíz (T₇ y T₈) reportan el menor número de grano por hilera de mazorca con 27.9 y 26.5 granos por hileras, respectivamente.

Tabla 3.9. Prueba de Tukey del número de granos por hilera en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz. Natividad 485 msnm. Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del maíz (T ₁₁)	32.3	a
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	31.7	a b
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	31.5	a b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	30.0	b c d
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	28.2	c d c
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	27.9	c d c e
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	27.9	c d c e
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	27.2	c d c e
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	27.0	d c e
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	26.5	e

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el maíz dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el frijol reportando los mayores valores en número de granos por hilera de mazorca.

CHURA Y TEJADA (2014) en una investigación en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, sobre la adaptación de 16 híbridos de maíz amarillo duro, 10 de ellos fueron experimentales y 6 comerciales dentro de ellos estaban la variedad INIA 611, Carguill e INIA 602 reportaron valores

para número de granos por hilera de 28.9, 27.4 y 26.8 granos por hilera. Estos valores se encuentran dentro de los obtenidos en el presente experimento.

e. Rendimiento de grano al 14 % de humedad

En la tabla 3.10 se muestra el ANVA del rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 9.02 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.10. ANVA de rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz 485 msnm-Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	223926.97	111963.49	0.27	0.769 ns
Tratamientos	9	27524312.21	3058256.91	7.26	0.0002 **
Asocia Vs Maíz	1	9704789.80	9704789.80	23.03	0.0001 **
Error	18	7584734.15	421374.12		
Total	29	35332973.33			

C.V. = 9.02

Tabla 3.11. Prueba de Tukey del rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz Natividad 485 msnm. Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del maíz (T ₁₁)	8900.3	a
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	8406.5	a b
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	8030.6	a b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	7559.7	a b c d
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	7015.2	a b c d
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	6907.0	b c d
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	6724.3	b c d
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	6457.0	c d
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	6175.0	c d
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	5764.7	d

En la tabla 3.11 se muestra la prueba de Tukey del rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de maíz, donde la siembra en monocultivo de maíz (T_{11}), siembra de maíz 20 y 15 días antes de la siembra de frijol (T_4 , T_3 , T_2 y T_1), sin que exista diferencia estadística entre ellos son los tratamientos que reportan el mayor rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad con valores de 8900.3, 8406.5, 8030.6, 7559.7 y 7015.2 kg ha⁻¹ de grano de maíz al 14 % de humedad, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del frijol 15 y 20 días antes de la siembra del maíz (T_7 y T_8) reportan el menor rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad con 6 175.0 y 5 764.7 kg.ha⁻¹, de granos de maíz, respectivamente.

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el maíz dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el frijol reportando los mayores valores en rendimiento de granos de maíz.

CARDAMA (1985) en un experimento realizado en Iquitos-Perú, encontró que el caupí asociado con maíz con un adelanto de 15 días de siembra, el rendimiento se vio favorecido, mientras que siembras atrasadas influyeron negativamente en su rendimiento, decreciendo hasta 62 kg.ha⁻¹, cuando se retrasó en 15 días de siembra respecto al maíz. FRANCIS, FLOR y TEMPLE en el CIAT-COLOMBIA, citado por UNA (1976) encontró que cuando existe una ventaja de 15 días en la siembra del fríjol sobre el maíz, los rendimientos del frijol son más altos, lo cual fue confirmado por varios pequeños agricultores de zonas aledañas que practican este sistema; de igual forma sucedió en el cultivo de maíz, donde una ventaja de 10 días de siembra respecto al Caupí produjo el mayor rendimiento y retrasando sus siembras disminuyeron significativamente sus producciones, confirmando los resultados encontrados por PRAGER (1977) en el CIAT-Colombia al asociar fríjol con maíz en diferentes fechas relativas de siembra.

RUPAY (2014) reporta para la localidad de Yurimaguas en la asociación intercalada múltiple de maíz con Caupí y la asociación intercalada lineal maíz con Caupí rendimientos con promedios que oscilan entre 8 500 y 72 00 kg.ha⁻¹ de grano, siendo valores ligeramente inferiores a lo reportado en el presente trabajo de investigación.

MORENO (1972) menciona que la demanda de nutrimentos por el frijol es mayor a los 30 días después de la siembra, mientras que el maíz muestra mayor exigencia entre los 50 y 75 días después de la siembra; las tendencias parecen mantenerse cuando estos se cultivan en forma asociada, por lo tanto, las aplicaciones de fertilizantes deben proceder o coincidir con la mayor absorción de nutrimentos y periodos de rápido crecimiento.

BAZAN (2000) menciona que la absorción de nutrimentos por maíz y frijol asociados es variable. Se ha observado que el frijol asociado con maíz tiende a disminuir la absorción de nitrógeno y fósforo, mientras que en el maíz aumenta, probablemente debido al mayor volumen de raíces del maíz comparado con las de frijol. Esta es la razón por lo que el maíz es más competitivo que el frijol y cuando su siembra es más alejada en el tiempo la productividad del maíz grano es mejor.

Los rendimientos de los cultivos está en función de la oportunidad de siembra es decir, si un cultivo se adelanta en la siembra con respecto al otro cultivo, definitivamente el de siembra adelantada es el que sacar más ventaja desarrollarse mejor y consecuentemente reportar mayores rendimientos. En el presente experimento tanto el frijol como el maíz que se adelantaron en la siembra, reportaron mayores rendimientos, siendo mayor los que se sembraron con mayor tiempo de anticipación.

En un sistema de secuencia se debe establecer una prioridad del cultivo para poder elegir el cultivo que se debe sembrar y poder cosechar altos rendimientos, convirtiéndose el cultivo que sigue en la secuencia como cultivo complementario. Todo ello se debe a que los cultivos absorben en mayor cantidad el nitrógeno y fósforo en las primeras etapas de desarrollo del cultivo por ello la ventaja en los rendimientos.

3.2. CULTIVO DE FRIJOL CAUPÍ

3.2.1. Variables de precocidad

Tabla 3.12. Precocidad (dds) de secuencia de siembra en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari

Tratamiento	Floración	Formación de vainas	M:F	M.C
Siembra de maíz 5 días antes del frijol (T ₁)	43-65	65-87	88-93	118-123
Siembra de maíz 10 días antes del frijol (T ₂)	43-65	65-87	88-93	118-123
Siembra de maíz 15 días antes del frijol (T ₃)	50-72	72-92	93-98	122-127
Siembra de maíz 20 días antes del frijol (T ₄)	50-72	72-92	93-98	122-127
Siembra de frijol 5 días antes del maíz (T ₅)	42-72	62-88	89-94	118-123
Siembra de frijol 10 días antes del maíz (T ₆)	42-62	62-88	89-94	118-123
Siembra del frijol 15 días antes del maíz (T ₇)	43-62	65-87	88-93	118-123
Siembra del frijol 20 días antes del maíz (T ₈)	43-65	65-87	88-93	118-123
Siembra simultaneo de frijol y maíz (T ₉)	45-67	67-89	90-95	118-125
Siembra monocultivo de frijol (T ₁₀)	40-60	60-85	86-91	115-120

(dds) Número de días después de la siembra.

En la tabla 3.12. se muestra la precocidad en dds secuencia en cultivo asociado de frijol y maíz y monocultivo de frijol, donde se observa que la floración ocurrió entre los 50 y 72 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol; entre los 43 y 65 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y en las unidades experimentales donde el frijol se sembró 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra del maíz; entre los 45 y 67 dds en cultivo simultáneo de frijol y maíz y entre 40 y 60 días en monocultivo de frijol.

En formación de vainas ocurrió entre los 72 y 92 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol; entre los 65 y 87 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y en las unidades experimentales donde el frijol se sembró 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra del maíz; entre los 67 y 89 dds en cultivo simultáneo de frijol y maíz y entre 60 y 85 días en monocultivo de frijol.

La madurez fisiológica ocurrió los 93 y 98 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol; entre los 88 y 94 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y en las unidades experimentales donde el frijol se sembró 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra del maíz; entre los 90 y 95 dds en cultivo simultáneo de frijol y maíz y entre 86 y 91 días en monocultivo de frijol.

La madurez de cosecha ocurrió los 122 y 127 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 15 y 20 días antes que el frijol; entre los 118 y 123 dds en unidades experimentales donde el maíz se sembró 5 y 10 días antes que el frijol y en las unidades experimentales donde el frijol se sembró 5, 10, 15 y 20 días después de la siembra del maíz; entre los 118 y 125 dds en cultivo simultáneo de frijol y maíz y entre 115 y 120 días en monocultivo de frijol.

Los resultados obtenidos, especialmente en la madurez fisiológica demuestra que los caracteres de precocidad en número de días después de la siembra están influenciados por el carácter varietal de los genotipos evaluados y por el factor secuencia de siembra, tal es así que sembrando el maíz 15 y 20 días antes que el frijol se alarga el periodo vegetativo, mientras sembrando el maíz 5 y 10 días antes que el frijol y sembrando el frijol 5, 10, 15 y 20 días antes que el maíz el cultivo del frijol Caupí acorta su periodo vegetativo. Teniendo en cuenta lo reportado por (INIA, 2001) en un trabajo realizado en la localidad de Porvenir de la región San Martín, la fenología del cultivo de frijol Caupí bajo las condiciones en las que se condujo el experimento y en la secuencia planteada se comporta como un cultivo tardío; ésta diferencia se debe posiblemente a la diferencia altitudinal y los factores edafoclimáticos entre la localidad del Porvenir, San Martín y la localidad de Natividad, Pichari.

En el ciclo vegetativo del frijol Caupí la floración se inicia a los 30 días después de la emergencia, alcanzando su plenitud a los 38 días, las flores son de color blanco opaco. La madurez fisiológica se inicia a los 65 días y alcanza la madurez de cosecha entre 72 y 80 días en suelos de textura liviana a media y 81 a 88 días en suelos pesados de mayor retención de humedad. (INIA, 2001).

3.2.2. Variables de productividad

a. Longitud de vainas

Tabla 3.13. ANVA de la longitud de vainas del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.69	0.35	0.63	0.544 ns
Tratamientos	9	26.30	2.92	5.33	0.003 **
Asocia Vs Frijol	1	8.46	8.46	15.43	0.001 **
Error	18	9.87	0.55		
Total	29	36.86			

C.V. = 5.08 %

En la tabla 3.13 se muestra el ANVA de la longitud de vainas del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de frijol. El coeficiente de variabilidad es de 5.08 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

En la tabla 3.14 se muestra la prueba de Tukey de la longitud de vainas (cm) del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde la siembra en monocultivo de frijol (T₁₀), siembra de frijol 20, 15 y 10 días antes de la siembra de maíz (T₈, T₇ y T₆) y siembra de maíz 5 y 10 días antes de la siembra de frijol (T₁ y T₂), sin que exista diferencia estadística entre ellos, son los tratamientos que reportan la mayor longitud de vainas con valores de 16.2, 15.9, 15.3, 15.1, 14.3 y 14.1 cm, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del maíz 15 y 20 días antes de la siembra del frijol (T₃ y T₄) reportan la menor longitud de vainas de frijol con 13.8 y 13.3 cm de longitud de vainas.

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el frijol dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el maíz reportando los mayores valores en longitud de vainas de frijol.

Tabla 3.14. Prueba de Tukey de la longitud de vainas (cm) del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm- Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del frijol (T ₁₀)	16.2	a
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	15.9	a b
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	15.3	a b c
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	15.1	a b c
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	14.3	a b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	14.1	a b c
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	13.9	b c
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	13.8	b c
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	13.7	b c
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	13.3	c

OROZCO (1996) consideró que sembrar el frijol entre las hileras de maíz tiene como ventaja la conservación de la humedad del suelo y la mejoría de la aireación y por ende ofrece mejores condiciones para una buena producción de estos cultivos asociados.

INIAP (1993) manifiesta que en el complejo yuca - frijol caupí, la mayor variación de rendimientos básicamente está determinado por los sistemas de siembra; cosechas aproximadas de 25 t.ha⁻¹ de raíces pueden ser obtenidas con el intercalado en hileras sencillas de los dos cultivos. En tanto que las mayores producciones de vainas de caupí (15 460 vainas.ha⁻¹) se presentan en el sistema de intercalado en hileras dobles de caupí. La longitud de vainas se ve reducida llegando a un promedio de 14 a 16 cm.

Los resultados obtenidos en el presente experimento coinciden con los obtenidos por INIAP (1993) aun cuando la siembra del frijol caupí ha sido de una sola hilera entre los surcos del cultivo de maíz.

b. Número de vainas por planta

En la tabla 3.15 se muestra el ANVA del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de frijol. El coeficiente de variabilidad es de 6.62 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.15. ANVA del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm- Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	2.04	1.02	0.85	0.444 ns
Tratamientos	9	118.37	13.15	10.95	<.0001 **
Asocia Vs Frijol	1	78.30	78.30	65.17	<.0001 **
Error	18	21.63	1.20		
Total	29	142.03			

C.V. = 6.62 %

En la tabla 3.16 se muestra la prueba de Tukey del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol caupi, donde la siembra en monocultivo de frijol (T₁₀) alcanza el mayor valor con 21.4 vainas por planta, superando estadísticamente a la siembra de frijol 20 y 15 días antes de la siembra de maíz (T₈ y T₇), siembra simultánea de frijol y maíz (T₉), siembra de maíz 5, 10 y 15 días antes de la siembra de frijol (T₁, T₂ y T₃) y siembra del frijol 10 días antes de la siembra de maíz (T₆), sin que entre ellos exista diferencia estadística significativa, reportaron valores de 21.4, 18.0, 17.8, 16.6, 16.3 15.9. 15.3 y 15.2 vainas por planta, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del frijol 10 y 5 días antes de la siembra del maíz (T₆ y T₅) reportan el menor número de vainas por planta con 15.2 y 14.6 vainas.

Tabla 3.16. Prueba de Tukey del número de vainas por planta en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del frijol (T ₁₀)	21.4	a
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	18.0	b
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	17.8	b c
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	16.6	b c d
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	16.3	b c d
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	15.9	b c d
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	15.3	b c d
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	15.2	b c d
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	14.6	c d
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	14.4	d

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el frijol dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el maíz reportando los mayores valores en número de vainas por planta de frijol.

LLASACA (1998) indica la demanda de nutrimentos por el frijol es mayor a los 30 días después de la siembra, mientras que el maíz muestra mayor exigencia entre los 50 y 75 días después de la siembra; las tendencias parecen mantenerse cuando estos se cultivan en forma asociada, por lo tanto, las aplicaciones de fertilizantes deben proceder o coincidir con la mayor absorción de nutrimentos y periodos de rápido crecimiento.

c. Número de granos por vaina

En la tabla 3.17 se muestra el ANVA del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 5.24 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.17. ANVA del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	0.20	0.10	0.55	0.585 ns
Tratamientos	9	24.75	2.75	14.98	<.0001 **
Asocia Vs Frijol	1	12.37	12.37	67.41	<.0001 **
Error	18	3.30	0.18		
Total	29	28.26			

C.V. = 5.24 %

En la tabla 3.18 se muestra la prueba de Tukey del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde la siembra en monocultivo de frijol (T₁₀) y la siembra del frijol 20 días antes de la siembra del maíz (T₈) alcanzan los mayores valores con 10.1 y 9.3 granos por vaina, sin que entre ellos

exista diferencia estadística significativa. Con la siembra del frijol 15 días antes de la siembra de maíz (T₇), siembra de maíz 5 y 10 días antes de la siembra de frijol (T₁ y T₂), siembra simultánea de maíz y frijol (T₉), siembra del frijol 10 días antes de la siembra de maíz (T₆) y siembra de maíz 15 días antes de la siembra de frijol (T₃) sin que entre ellos exista diferencia estadística significativa, reportaron valores de 8.6, 8.1, 8.0, 8,0, 7.9 y 7.5 granos por vaina, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del maíz 15 y 20 días antes de la siembra del frijol (T₃ y T₄) reportan el menor número de granos por vaina del frijol con 7.5 y 7.2 granos.

Tabla 3.18. Prueba de Tukey del número de granos por vaina del frijol en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm- Pichari

Tratamiento	Promedio	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del frijol (T ₁₀)	10.1	a
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	9.3	a b
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	8.6	b c
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	8.1	b c d
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	8.0	b c d
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	8.0	b c d
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	7.9	c d
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	7.5	c d
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	7.2	d
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	6.9	d

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el frijol dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el maíz reportando los mayores valores en número de granos por vaina de frijol.

FUENTES (1990) menciona que debido a la competencia interespecífica entre el frijol y maíz, el número de granos por vaina en el frijol caupi es afectado en forma significativa cuando se siembra primero el maíz; esta característica es debido a que el mayor desarrollo del maíz afecta el crecimiento del frijol. El frijol caupi en nuestro experimento se mostró como de poca competencia cuando se siembra después del cultivo maíz.

d. Rendimiento de grano

Tabla 3.19. ANVA del rendimiento de frijol al 14 % H en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol. Natividad 485 msnm-Pichari

F. Variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Bloque	2	89992.31	44996.16	1.69	0.2131 ns
Tratamientos	9	8415544.00	935060.44	35.05	<.0001 **
Asocia Vs Frijol	1	2594354.16	2594354.16	97.25	<.0001 **
Error	18	480189.52	26677.20		
Total	29	8985725.84			

C.V. = 7.32 %

En la tabla 3.19 se muestra el ANVA del rendimiento de frijol al 14 % H en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre bloques y diferencia altamente estadística en tratamiento y en la comparación de los cultivos en asociación frente al monocultivo de maíz. El coeficiente de variabilidad es de 7.32 %, valor que indica una alta homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento.

Tabla 3.20. Prueba de Tukey del rendimiento de grano en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol Cauquí. Natividad 485 msnm-Pichari.

Tratamiento	Promedio Kg.ha ⁻¹	ALS (T)
Siembra tradicional en monocultivo del frijol (T ₁₀)	3113.6	a
Siembra del frijol 20 días antes de siembra del maíz (T ₈)	2923.5	a b
Siembra del frijol 15 días antes de siembra del maíz (T ₇)	2805.1	a b
Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol (T ₁)	2456.7	b c
Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol (T ₂)	2192.4	c d
Siembra del frijol 10 días antes de siembra de maíz (T ₆)	1934.3	d e
Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol (T ₃)	1894.3	d e
Siembra simultánea de frijol y maíz (T ₉)	1683.6	e
Siembra del frijol 5 días antes de siembra de maíz (T ₅)	1659.9	e
Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol (T ₄)	1650.1	e

En la tabla 3.20 se muestra la prueba de Tukey del rendimiento de grano en secuencia de siembra en cultivo asociado y monocultivo de frijol Caupí, donde la siembra en monocultivo de frijol (T_{10}) y la siembra del frijol 20 y 15 días antes de la siembra del maíz (T_8 y T_7) alcanzan los mayores valores con 3 113.6, 2923.5 y 2 805.1 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, sin que entre ellos exista diferencia estadística significativa. Con la siembra del frijol 10 días antes de la siembra de maíz (T_6), siembra de maíz 15 días antes de la siembra de frijol (T_3), siembra simultánea de maíz y frijol (T_9), siembra del frijol 5 días antes de la siembra de maíz (T_5) y siembra de maíz 20 días antes de la siembra de frijol (T_4) sin que entre ellos exista diferencia estadística significativa, se reportaron los menores valores con 1 934.3, 1 894.3, 1 683.6, 1 659.9 y 1 650.1 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente, mientras en la secuencia de siembra del frijol 5 días antes de la siembra del maíz (T_5) y siembra del maíz 20 días antes de la siembra del frijol (T_4) reportan el menor rendimiento de grano de frijol Caupí 1 659.9 y 1 650.1 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Estos resultados se deben a que los cultivos que desarrollan primero son los que prosperan mejor, donde la competencia interespecífica por agua, luz y nutrientes es menor, en este caso el frijol dentro de la secuencia, se ha instalado dos a tres semanas antes que el maíz reportando los mayores valores en rendimiento de grano e frijol Caupi.

CARDAMA (1985) en un trabajo de investigación realizado en Iquitos-Perú, encontró cuando el caupí fue sembrado con 15 días de adelanto sobre maíz, los rendimientos como monocultivo fueron mayores (855 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); por el contrario, cuando la siembra del caupí se retrasó en 15 días respecto al maíz, el rendimiento se vio ostensiblemente afectada (50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en tanto que la siembra del maíz como monocultivo dio el mayor rendimiento (91 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), cuando el maíz fue adelantado por la siembra del caupí en 15 días.

Sin embargo, analizando el rendimiento en forma combinada, rindió más cuando el maíz fue sembrado con 5 días de anticipación sobre el caupí y solamente fue significativo con la siembra del caupí en monocultivo, pero la relación equivalente del terreno y la rentabilidad fue superior con la siembra adelantada del caupí en 15 días sobre el maíz.

LINTON (1998) menciona que el cultivo del Caupi como tradicional de huerta con riego continuo asegura y maximiza rendimientos. También prospera en amplio rango de condiciones climáticas, Sostiene que no es tan resistente como el Guandul” que cuenta con la ventaja de ser conocida por el público. El caupí tolera muy bien el sombreado del cultivo asociado, lo que reduce de paso su ETP.

El cultivo intercalar proporciona un beneficioso tutor igual que en vezas y garbanzos a cambio de la fijación nitrogenada. Uno de los atractivos del cultivo de Caupí es que atrae insectos beneficiosos gracias a unos nectarios extra florales situados en los peciolos.

INIA (2003) reporta la buena performance de las líneas experimentadas, las mismas que fueron comparadas teniendo en cuenta el rendimiento promedio con respecto al testigo local, sobresaliendo La Molina 1 con 2 787 Kg.ha⁻¹, seguida de Chiclayo negro con 2 456 Kg.ha⁻¹, las que, además, presentaron hábito de crecimiento semi-erecto y precocidad, así como tolerancia a plagas y enfermedades; de estas variedades experimentales sobresalientes, La Molina 1 mostró el grano blanco, color deseado por al productor y consumidor de la región, por lo que se recomienda difundir el cultivo de La Molina 1, teniendo como alternativa el Chiclayo negro. Los rendimientos son comparables con el rendimiento del monocultivo del frijol Caupi.

FUENTES (1990) sostiene que una de las ventajas de los cultivos asociados, además de su potencial para incrementar la producción, es su eficiencia en el uso de nutrimentos aplicados. La tasa de absorción de nutrimentos de una planta varía con su edad, y el periodo de máxima demanda de una especie, puede no coincidir con la otra especie en una asociación de cultivos. Por lo tanto, de especies diferentes, la curva de absorción de un elemento puede diferir de la otra como lo demostró RIOS (2000) quien trabajó con maíz asociado con Caupi encontrando que cuando el maíz llega a su madurez reduce su influencia competitiva, lo que le permite al Caupi producir semilla comparable a un monocultivo.

3.3. MÉRITO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

La evaluación económica de los tratamientos en asociación y monocultivo del frijol castilla y el maíz amarillo duro se observa en la tabla 3.21, donde el costo de

producción varía en las asociaciones por la modalidad de siembra. Los tratamientos en asociación son los de mayor productividad, esto es debido a la cosecha de la leguminosa y el maíz que alcanzan diferentes precios, además el manejo agronómico si bien tiene mayor costo, pero se reduce debido a que el manejo agronómico es para ambos cultivos. La mayor rentabilidad se obtuvo con el tratamiento de siembra de maíz 5 días antes de la siembra del frijol (T₁), con 230.50 % de rentabilidad, seguido por los tratamientos de siembra de maíz 10, 16 y 20 días antes de la siembra del frijol (T₂, T₃ y T₄) con 2.30, 2.26 y 2.22, respectivamente. Los tratamientos de siembra de monocultivo de frijol y maíz tienen menor índice de rentabilidad, esto debido a que se cosecha solamente un producto.

MELO (1984) indica que una de las ventajas de los cultivos asociados, además de incrementar su potencial para incrementar la producción, es su eficiencia en el uso de los nutrientes aplicados. El cultivo asociado muestra una gran intensificación del uso de la tierra, mejora la producción de alimentos básicos y el ingreso económico del pequeño productor. En nuestro trabajo conducido en la localidad de Pichari, el sistema de siembra asociado de maíz con frejol caupi en surcos alternos supera en beneficios económicos al método de siembra tradicional.

Tabla 3.21. Estudio económico de tratamientos en la secuencia de la asociación maíz y frijol Caupi. Pichari 485 msnm

Tratamiento	Rendimiento		Precio		Ingreso por ventas	Costo de producc.	Utilidad	Índice rentabilidad
	Frejol	Maíz	Frijol (S/)	Maíz (S/)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	
Siembra de maíz después de 5 días siembra del frejol	2456.7	7015.2	2.5	1.2	14559.99	4405.50	10154.49	2.30
Siembra de maíz después de 10 días siembra del frejol	2192.4	7559.7	2.5	1.2	14552.64	4405.50	10147.14	2.30
Siembra del frejol después de 15 días siembra del maíz	2805.1	6175	2.5	1.2	14422.75	4405.50	10017.25	2.27
Siembra de maíz después de 15 días siembra del frejol	1894.3	8030.6	2.5	1.2	14372.47	4405.50	9966.97	2.26
Siembra de maíz después de 20 días siembra del frejol	1650.1	8406.5	2.5	1.2	14213.05	4405.50	9807.55	2.23
Siembra del frejol después de 20 días siembra del maíz	2923.5	5764.7	2.5	1.2	14226.39	4405.50	9820.89	2.23
Siembra del frejol después de 10 días siembra del maíz	1934.3	6457	2.5	1.2	12584.15	4405.50	8178.65	1.86
Siembra del frejol después de 5 días siembra del maíz	1659.9	6907	2.5	1.2	12438.15	4405.50	8032.65	1.82
Siembra en la misma fecha frijol y maíz	1683.6	6724.3	2.5	1.2	12278.16	4405.50	7872.66	1.79
Siembra tradicional en monocultivo del maíz		8900.3	2.5	1.2	10680.36	4064.50	6615.86	1.63
Siembra tradicional en monocultivo del frejol	3113.6		2.5		7784	3619.00	4165.00	1.15

CONCLUSIONES

1. La secuencia de siembra más adecuada en cultivo asociado de frijol Caupí y maíz fue con la siembra de maíz 20, 15 y 10 antes de la siembra del frijol y con la siembra de frijol 20 y 15 días antes de la siembra del maíz, con las cuales se obtuvieron los mayores rendimientos en el maíz y frijol Caupí, respectivamente.
2. El mayor rendimiento de maíz se obtuvieron con siembra en monocultivo (T_{11}), y cultivo asociado de maíz, secuencia 20, 15, 10 y 5 días antes de la siembra del frijol (T_4 , T_3 , T_2 y T_1) con valores de 8 900.3, 8 406.5, 8 030.6, 7 559.7 y 7 015.2 kg.ha⁻¹, respectivamente.
3. El mayor rendimiento de frijol caupí se obtuvieron con siembra en monocultivo (T_{10}), siembra de frijol 20 y 15 días antes de la siembra del maíz (T_8 y T_7) con valores de 3 113.6, 2 923.5 y 2 805.1 kg ha⁻¹ de granos, respectivamente.
4. El mayor índice de rentabilidad se obtuvo con siembra de maíz 5, 10, 15 y 20 días antes de la siembra de frijol con 2.30, 2.30, 2.27 y 2.26, respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Los pequeños agricultores del VRAEM deben sembrar el maíz y frijol caupí en asociación y secuencia por reportar buenos rendimientos.
2. La secuencia de siembra del maíz 5, 10 y 15 días antes de la siembra del frijol y viceversa, por haber reportado buenos rendimientos, tanto del maíz como del frijol Caupí y por las bondades que ofrece el sistema de agricultura sucesional.
3. Los resultados son preliminares e implica la necesidad de repetir el experimento utilizando otras variedades, épocas y condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, R. M. 1976. Cultivo asociado maíz (*Zea mays*), frijol Chiclayo (*Vigna sinensis*) en la zona de Iquitos. Tesis Ing. Agrónomo, Programa Agronomía UNAP. Iquitos-Perú. 52p.
- ALTIERI, M.A; LETOURNEAU, DK. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1:405-430.
- BAZAN 2000. Desarrollo de Sistema de Producción Agrícola, una necesidad para el trópico, CATIE. FITO, Segunda Edición, pp 85.
- CAMARENA, F.; HUARINGA, E.; MOSTACERO, L. Y CHIAPPE. 1994. Manual del Cultivo de Frijol Castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp). Programa de Investigación Social de Leguminosas de Grano y Oleaginosas. La Melina, Lima - Perú. 2 - 23 pp.
- CARDAMA, V. 1984. Cultivos asociados caupí-maíz. Avances de Investigación, vol. N° 1, Agosto. INIPA-CIPA XXII. Iquitos-Perú 8 p.
- CARDAMA, V. 1985. Determinación de la frecuencia de siembra del cultivo asociado caupi (*Vigna unguiculata* W.) y maíz (*Zea mays* L.). Iquitos-Perú
- CHURA Y TEJEDA (2014). Adaptación de 16 híbridos de maíz Amarillo duro. Campo experimental Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 40p.
- EWEL, JJ. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. *Annual Review of Ecological Systems* 17:245- 71.
- FLOR, C.A. y C. A. FRANCIS. 1975. Propuesta de estudio de algunos componentes de una metodología para investigar los cultivos asociados en trópico latinoamericano. XXII Reunión de PCCMCA. San Salvador, Salvador. 37p.
- FRANCIS, C. A. FLOR y M. PRAGER. 1987. Contrastes agronómicos entre el monocultivo de maíz y la asociación maíz-frijol. CIAT-Cali, Colombia. 23 p.
- FUENTES, O. 1990. Efecto de 15 leguminosas en un experimento de siembras de asociación intercaladas con maíz. In Reunión Centroamericana sobre el mejoramiento del maíz. Primera edición. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. pp 150.
- GÖTSCH ERNST 1995. Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales. La Paz – Bolivia.
- GÖTSCH, ERNST 1995. Breakthrough in agricultura ASPTA, Rio de Janeiro.

- GÖTSCH, ERNST. 1996. Resumen de Seminarios en 1995 y 1996 en Sapecho, Alto Beni y comunicaciones personales.
- HOLLOWELL E. Y HENSON, P. H. 1972. Otras leguminosas. Forrajes: La Ciencia de la Agricultura Basada en la Producción de Pastos. Editora Continental, Calzada de Tlalpam N° 4620. México 22, D.F., 241-249 p.
- INIA 2001. El Cauquí (*Vigna unguiculata*). Estación Experimental Agraria El Porvenir, San Martín – Perú.
- INIA 2003. “Incremento de la Producción de Maíz Amarillo Duro Mediante Manejo Integrado del Cultivo, en las provincias de Maynas y Loreto del Departamento de Loreto”. Estación Experimental Agraria San Roque, Proyecto de Investigación. Iquitos – Perú. 35 pp.
- LINTON C. 1998. Ensayo Experimental sobre el cultivo de Asociación de maíz-frijol en el Campo "El Horno". Tesis profesional E.N.A. Chapingo, México.
- LITZENBERGER, S. 1976. Guía para cultivos en los trópicos y sub trópicos. Agencia para el desarrollo internacional, A.I.D. Primera edición. España. 21 pp.
- LLANOS, M. 1984. El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Editorial Mundi Prensa – España. 318 p.
- LLASACA, R. 1998. Efecto de la fertilización y la aplicación foliar en el rendimiento de grano seco de frijol castilla o cauquí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) var. San Martín 49 en condiciones de verano de la Costa Central. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- MANRIQUE, A. 1997. El maíz en el Perú. Segunda edición. CONCYTEC. Perú”.
- MANRIQUE, A. 1999. Maíz morado peruano (*Zea mays* L. Amilaceae st). Folleto R.I. N° 2 – 99. Perú. 24 p.
- MANRIQUE, A. NAKAHODO J. 1985. Mejoramiento del maíz tropical. Informe anual 1985, PCIM - UNA
- MELO, J. 1984. Efectos de la altura de maíz y disposición de sus hileras sobre el crecimiento y rendimiento de la asociación maíz (*Zea mays* L.) y vigna (*Vigna unguiculata* (L) Walp. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica.
- MORENO, R.O. 1972. Las asociaciones de maíz y frijol, un uso alternativo de la tierra. Tesis de M.C., C.P. de la E.N.A. Chapingo, México.
- OROZCO, E.E. 1996. Arreglos de siembra de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en asociación y monocultivo. Tesis. Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú 91 pp.

- OSPINA, J. 1995. Producción Agrícola I. Primera reimpresión. Editado por Terranova, Ltda, Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia 128-130 p
- PÉREZ T.H. 1975 Comparación de rendimientos económicos en asociación maíz-frijol. Tesis profesional E.A.G. p.p. 42-43.
- PRAGER, M. 1977. Factores agronómicos en la producción fríjol/maíz. Información de resultados de investigación. CIAT- Palmira. Colombia. 17 p.
- PUMA, J. 1998, “Dos fuentes de materia orgánica y el rendimiento de maíz morado en zonas áridas”. Tesis UNAS. Arequipa – Perú.
- RESTREPO, J. M. 1992. La búsqueda de sistemas alternativos. In: Taller de Agroecología en Paraguay. pp. 155-193.
- RÍOS, K. 2000. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. CIPAV. Carrera 35A Oeste # 3 - 66, A.A. 20591. Cali, Colombia.
- ROMERO R.F. 1964.Observaciones preliminares del rendimiento e incidencia de plagas en el maíz y frijol asociados en Caupi: Tesis profesional E.N.A. Chapingo, México.
- RUPAY, K. 2014. Efecto de la asociación de dos fabáceas sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Var Marginal 28 - T en Yurimaguas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana Facultad de Agronomía.
- SALISBURY, F. Y ROSS, C. 1996. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana México.
- SPEEDING, R. 1979. Ecología de los Sistemas Agrícolas. H. Blume. Ed. Rosario, Madrid. España. pp. 89-129.
- SUMMRFIELD, R. J. HUXLEY, P.A. ANO STEELE 1974. Cowpea (*Vigna unguiculata*) Field Crop Abstracts. 27(7): 301-312. 62.
- TANDON, H.L.S. (ED.). 1992. Fertilizer organic manures recyclable wastes and biofertilisers. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi. pp. 148.
- TUMI, A. 2008. Alianza público-privada para la articulación al mercado con objetivos de desarrollo sostenible: Experiencia de los productores de frejol caupí en el distrito de Morropón. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Programa Desarrollo Rural Sostenible – PDRS www.gtz-rural.org.pe . Gobierno Regional de Piura.

- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA 1976. Informativo de maíz. Programa Cooperativo de Investigación en Maíz. Boletín N° 14. Lima-Perú.
- VALLADOLID, A. 1993. El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Costa del Perú. INIA. Serie Manual. Lima- Perú.
- VALLADOLID, A. 1999. Producción de Leguminosas de Grano para la Exportación. Serie: Manual Técnico N°02/99 Promenestras. Instituto Peruano de Leguminosas (IPEL), PROMPEX-Programa Promenestras. Chiclayo, Perú.
- VAVILOV 1931. Mexico and Central America as the principal center of origin of 1 cultivated plants of the New World Bull. Appl. But. Genet. Plant Breed. (Leningrado) 26: 135-199.

ANEXOS

Anexo 01: Costo de producción de la instalación de una hectárea de maíz amarillo duro.

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. Mano de obra					1520
a. Preparación del terreno				600	
Limpieza del terreno	Jornal	10	40	400	
Surcado	Jornal	5	40	200	
b. Siembra				160	
Siembra	Jornal	4	40	160	
c. Labores Culturales				520	
Control de malezas (2)	Jornal	8	40	320	
Control fitosanitario	Jornal	2	40	80	
Raleo	Jornal	3	40	120	
d. Cosecha				240	
Cosecha	Jornal	6	40	240	
2. Maquinaria					200
a. Maquina manual				200	
Desgranadora manual	hora	5	40	200	
3. Insumos					1,975.00
a. Semilla				150	
Maíz amarillo duro	Kg.	30	5	150	
b. Fertilizantes				1095	
nitrato de amonio	Sacos	5	75	375	
Fosfato di amónico	Sacos	3	90	270	
Cloruro de Potasio	Sacos	5	90	450	
c. Pesticidas				130	
Cipermetrina	Lt.	2	65	130	
4. Transporte				100	
Insumos	kg.	500	0.2	100	
5. Gastos varios				500	
Costales	Unidad	100	2	200	
Alquiler de terreno	Ha	1	300	300	
Total de Costos Directos					3,695.00
1. Gastos Admini. (5%)				184.75	
2. Gastos Gener (5%)				184.75	
Toral de Costos Indirectos					369.5
Total costo de Producción					4,064.50

Anexo 02: Costo de producción de la instalación de una hectárea de frijol caupi.

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. Mano de obra					1520
a. Preparación del terreno				600	
Limpieza del terreno	Jornal	10	40	400	
Surcado	Jornal	5	40	200	
b. Siembra				160	
Siembra	Jornal	4	40	160	
c. Labores Culturales				520	
Control de malezas (2)	Jornal	8	40	320	
Control fitosanitario	Jornal	2	40	80	
Raleo	Jornal	3	40	120	
d. Cosecha				240	
Cosecha	Jornal	6	40	240	
2.Maquinaria					200
a. Maquina manual				200	
Desgrane manual	Jornal	5	40	200	
3. Insumos					1,570.00
a. Semilla				150	
Frijol Castilla	Kg.	30	5	150	
b. Fertilizantes				690	
Nitrato de amonio	Sacos	2	75	150	
Fosfato di amónico	Sacos	4	90	360	
Cloruro de Potasio	Sacos	2	90	180	
c. Pesticidas				130	
Cipermetrina	Lt.	2	65	130	
4. Transporte				100	
Insumos	kg.	500	0.2	100	
5. Gastos varios				500	
Costales	Unidad	100	2	200	
Alquiler de terreno	Ha	1	300	300	
Total de Costos Directos					3,290.00
1. Gastos Admini. (5%)				164.50	
2. Gastos Gener (5%)				164.50	
Toral de Costos Indirectos				0	329.00
Total costo de Producción				0	3,619.00

Anexo 03: Costo de producción de la instalación de una hectárea de maíz amarillo duro y frijol caupi asociado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIT.	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. Mano de obra					1520
a. Preparación del terreno				600	
Limpieza del terreno	Jornal	10	40	400	
Surcado	Jornal	5	40	200	
b. Siembra				160	
Siembra	Jornal	4	40	160	
c. Labores Culturales				520	
Control de malezas (2)	Jornal	8	40	320	
Control fitosanitario	Jornal	2	40	80	
Raleo	Jornal	3	40	120	
d. Cosecha				240	
Cosecha	Jornal	6	40	240	
2.Maquinaria					360
a. Maquina manual				360	
Desgranar (Frijol)	jornal	4	40	160	
Desgranadora manual (Maíz)	hora	5	40	200	
3. Insumos					2,125.00
a. Semilla				300	
Frejol	Kg.	30	5	150	
Maíz amarillo duro	Kg.	30	5	150	
b. Fertilizantes				1095	
Nitrato de amonio	Sacos	5	75	375	
Fosfato di amónico	Sacos	3	90	270	
Cloruro de Potasio	Sacos	5	90	450	
c. Pesticidas				130	
Cipermetrina	Lt.	2	65	130	
4. Transporte				100	
Insumos	kg.	500	0.2	100	
5. Gastos varios				500	
Costales	Unidad	100	2	200	
Alquiler de terreno	Ha	1	300	300	
Total de Costos Directos					4,005.00
1. Gastos Administ. (5%)				200.25	
2. Gastos Generales (5%)				200.25	
Toral de Costos Indirectos					400.50
Total costo de Producción					4,405.50

Anexo 04: Datos biométricos promedio del maíz amarillo duro, Natividad – Cusco 485 msnm

Número de tratamiento	Tratamientos evaluados en las tres (3) repeticiones	Datos promedio del maíz amarillo duro				
		Longitud de mazorca en centímetros (cm)	Número de hileras	Número granos	Peso de mazorca en gramos (gr)	Rendimiento en Kg/ha
1	Siembra de maíz 5 días siembra del frijol	17.2	13.5	28.2	209.3	7015.2
2	Siembra de maíz 10 días siembra del frijol	18.9	13.7	30	216.3	7559.7
3	Siembra de maíz 15 días siembra del frijol	18.9	14	31.5	220.3	8030.6
4	Siembra de maíz 20 días siembra del frijol	19.1	14.3	31.7	232.5	8406.5
5	Siembra del frijol 5 días siembra de maíz	17.7	13.5	27.9	204.6	6907
6	Siembra del frijol 10 días siembra de maíz	17.5	13.1	27.2	199.2	6457
7	Siembra del frijol 15 días siembra del maíz	16.6	13.1	27	196.6	6175
8	Siembra del frijol 20 días siembra del maíz	16	12.9	26.5	193	5764.7
9	Siembra en la misma fecha frijol y maíz	17.2	13.8	27.9	210.4	6724.3
11	Siembra tradicional en monocultivo del maíz	19.5	14.1	32.3	235	8900.3

Anexo 05: Datos biométricos promedio del frijol caupi, Natividad – Cusco 485 msnm.

Número de tratamiento	Tratamientos evaluados en las tres(3) repeticiones	Datos promedio del frijol caupi			
		Número de vainas	Longitud de vainas en (cm)	Número de Granos por vaina	Rendimiento en Kg/ha
1	Siembra de maíz 5 días antes de siembra del frijol	16.3	14.3	8.1	2456.7
2	Siembra de maíz 10 días antes de siembra del frijol	15.9	14.1	8	2192.4
3	Siembra de maíz 15 días antes de siembra del frijol	15.3	13.8	7.5	1894.3
4	Siembra de maíz 20 días antes de siembra del frijol	14.4	13.3	7.2	1650.1
5	Siembra del frijol 5 días siembra de maíz	14.6	13.7	6.9	1659.9
6	Siembra del frijol 10 días siembra de maíz	15.2	15.1	7.9	1934.3
7	Siembra del frijol 15 días siembra del maíz	17.8	15.3	8.6	2805.1
8	Siembra del frijol 20 días siembra del maíz	18	15.9	9.3	2923.5
9	Siembra en la misma fecha frijol y maíz	16.6	13.9	8	1683.6
10	Siembra tradicional en monocultivo del frijol	21.4	16.2	10.1	3113.6

Anexo 06: Panel fotográfico



Foto 01: Selección y limpieza de terreno agrícola en el centro poblado de Natividad – cusco 485 msnm.



Foto 02: Abonamiento al inicio de siembra del maíz amarillo y frijol caupi en la secuencia de 5, 10, 15,20 días.



Foto 03: Siembra del maíz amarillo duro y frijol caupi en una secuencia de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 04: Deshierbo selectivo del maíz amarillo duro y frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 05: Raleo selectivo del maíz amarillo duro y frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 06: Evaluación de la floración y llenado de granos en el frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 07: Evaluación de la floración masculina y femenina en el maíz amarillo duro según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 08: Evaluación de la longitud y cantidad de vainas del frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 09: Cosecha selectiva del maíz amarillo duro según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 10: Cosecha selectiva del frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 11: Evaluación de la cantidad y peso de granos en cada diez (10) vainas del frijol caupi según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.



Foto 12: Evaluación del número de hileras, grano y peso en muestras de diez (10) mazorcas de maíz amarillo duro según la secuencia de siembra de 5, 10, 15, 20 días.