

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1. Revisión Bibliográfica

a) Aspectos Generales

El requerimiento mínimo calórico per cápita según FAO es de 2 500 calorías, siendo el límite de muerte 1 200. En Perú, la Encuesta Nacional de Alimentación de 1995, estimó un consumo calórico per cápita de 1 870 calorías; es decir, que hoy con la agudización de los problemas socioeconómicos, estaremos más cerca del límite de muerte (**Díaz,1995**). Estos datos son preocupantes y muestran que la población peruana no posee una adecuada alimentación. Según ACC/SCN (1992), citado por **Equipo Académico del Programa Magister (1999.)^a**, en Perú, alrededor del 13% de los niños se encontraban malnutridos.

De otra parte, nuestro país posee gran potencial productivo, expresado en biodiversidad y zonas de vida natural. Se tiene 84 de las 104 zonas de vida natural establecidas por Holdridge y Tossi (**Tapia,1993**); lo cual junto al conocimiento campesino y la tradición agraria milenaria, conlleva el reto para volver a producir y consumir alimentos sanos sosteniblemente, meta por ahora, aún muy difícil de alcanzar.

A nivel mundial, se reconoce que los recursos naturales son limitados y no se los debe continuar "explotando" con una visión economicista. Se exige alternativas para recuperar

o al menos mantener los procesos ecológicos fundamentales que sostienen la biósfera. Se plantea reestructurar la relación sociedad-naturaleza, fomentar y poner en práctica el ecodesarrollo (**Yurjevic,1999**)^a; un enfoque que se está ampliando; sin embargo, para la aplicación de sus principios y fundamentos aún se requieren mucha investigación y trabajo de campo.

La agricultura ha sido la actividad esencial para la supervivencia y el bienestar humano, pero también ha sido la actividad que más ha afectado al ambiente. **Yurjevic (1999)**^b, sostiene que por efecto de la actividad humana el daño medioambiental, incluyendo la pérdida de resiliencia de los ecosistemas ocurre en forma abrupta y a menudo es irreversible. Al tener conciencia de ello, en las últimas décadas, se ha llegado a fortalecer nuevas tendencias conceptuales y metodológicas de intervención humana. Se plantea una agricultura sostenible que tenga las bases en la agroecología (**CLADES,1995**); es decir, una agricultura alternativa, que entre otros elementos lleve a una reducción del gasto de energía; pues, según **Odum**, citado por **Mollinson y Holmgren (1984)**, los rendimientos de la agricultura moderna no se deben a métodos eficientes o sostenibles, sino a un alto subsidio de energía.

No obstante, del avance del enfoque sobre la conservación y uso racional del medio ambiente, existe poca conciencia y educación sobre la sustentabilidad y sobre las causas de la degradación de los recursos naturales. Existe una falta de difusión de información relevante sobre manejo y protección de recursos naturales, especialmente, en lo que se refiere a la protección de la biodiversidad (**Equipo Académico del Programa Magister,1999**)^b. En este sentido, y al considerar que el mercado viene a ser el eje motriz del desarrollo económico, el

Equipo Académico del Programa Magister (1999)^a, sostiene que en el contexto actual la resolución de desafíos dependerá de la capacidad para aprovechar las ventajas comparativas, y plantea que para fomentar el crecimiento y aliviar la pobreza en América Latina, la consolidación de un dinámico sistema de producción alimentaria y agrícola viene a ser una estrategia importante.

La agricultura tiene relaciones muy estrechas con la alimentación, la nutrición, la pobreza, el deterioro de los recursos naturales y la competitividad (**Yurjevic,1999**)^c; por ello, la pobreza y extrema pobreza en América Latina, están mayormente acentuadas en las áreas rurales, donde la situación es insostenible para los pequeños agricultores. El **Equipo Académico del Programa Magister *op. cit.***, sostiene que para que los pobres alivien su condición, se les debe proporcionar bienes públicos, incluyendo investigación y tecnologías agrícolas, transporte e información sobre el mercado para que puedan actuar con eficiencia productiva y económica. Por lo tanto, según **Yurjevic *op. cit.***, la idea consiste en aplicar un enfoque sistémico a la agricultura, la alimentación, los recursos naturales, la pobreza y el desarrollo rural, que destaque la multidimensionalidad e interdependencia de sus vinculaciones con el resto de la economía y la sociedad; de manera que la competitividad agrícola esté relacionada con mayores rendimientos, menores costos de producción y mejores precios; para lo cual, el agricultor debe contar con información, bienes y servicios relevantes.

Para lograr un cambio, **CLADES (1995)**, sostiene que la investigación y el desarrollo agrícola debieran operar con un enfoque desde abajo, a partir de: **i)** la gente del lugar, **ii)** sus necesidades y aspiraciones, **iii)** sus conocimientos de agricultura; y, **iv)** sus recursos naturales

autóctonos. **Rosset (1997)**, sostiene que se debe apostar por un modelo alternativo de agricultura, que reduzca drásticamente la dependencia en insumos y equipos externos. En este enfoque, es posible impulsar la Agricultura de Bajos Insumos Externos y Sustentable (ABIÉS), como una vía para alcanzar la agricultura sustentable; es decir, una agricultura ecológicamente adaptable, económicamente viable, socialmente justa y solidaria (**Reijntes et al,1995**); con lo cual, será posible fomentar un desarrollo más endógeno y protagónico (**FAO,1993**). Sin embargo, esta concepción lógica y viable, es totalmente opuesta a la orientación de las políticas de los gobiernos nacionales, como en el caso del Perú, donde se ha excluido a la agroecología como una ciencia que puede ayudar eficazmente al desarrollo agrícola; postergando la eficiencia tan esperada.

Al abordar las prácticas agrícolas eficientes, **García (1999)**, sostiene que la diversificación es una de las principales herramientas con que cuenta la agroecología para el diseño de sistemas sustentables; donde los policultivos tienen suma importancia por constituir una diversificación espacial del sistema agrícola. Afortunadamente, los policultivos aún son formas básicas de la agricultura campesina de la sierra norte del Perú que permiten cumplir múltiples objetivos de la vida familiar (**Kholer y Tillmann,1988**).

En cuanto a los sistemas de manejo, **Altieri (1983)**, afirma que los sistemas más eficientes se basan en el uso de leguminosas, que es una forma de captar e incorporar nitrógeno y mantener la fertilidad orgánica del suelo con un menor costo. La cantidad de nitrógeno que puede fijar una especie de leguminosa es variable, dependiendo de la especie de planta, de la cepa de bacteria simbiótica, de las condiciones del suelo, etc. **CLADES (1992)**, menciona fijación

entre 149 y 168; 158 y 223; y, 155 y 174 kg de N₂/ha/año para los cultivos de lenteja, haba y arveja, respectivamente.

La agricultura andina ha proporcionado a la humanidad productos altamente nutritivos como los granos andinos: la quinua y la kiwicha. Estos granos, son altamente proteicos y se pueden producir ventajosamente en condiciones de alta montaña bajo sistemas diversificados; sin embargo, aún falta mucha investigación en esta área (**Hernández y León, 1992**).

Por tanto, mientras un análisis nutricional global de nuestro país, indica que estaríamos cerca al nivel de límite de muerte, tenemos cultivos subutilizados nutritiva y productivamente. Así **Fano y Benavides (1992)**, en un estudio indican que quinua y kiwicha, de todos los alimentos importados y nacionales que se consumen en el Perú, ocupan el tercer y cuarto orden de mérito respectivamente, en cuanto al aporte calórico (después del tarwi o chocho: *Lupinus mutabilis* Sweet. y la cañihua: *Chenopodium pallidicaule* Aellen); y, el cuarto y tercer orden de mérito, en cuanto al aporte proteico, respectivamente (después de tarwi y cañihua). De otro lado, en cuanto a su productividad **Mujica et al (1992)**, sostienen que sus rendimientos están muy por debajo de su potencial productivo, siendo el promedio nacional 800 kg/ha, habiéndose obtenido a nivel experimental rendimientos de hasta 4 000 kg/ha. Lo cual, indica que se debe impulsar la generación y difusión de tecnologías en estos valiosos recursos andinos.

b) Antecedentes relativos a la Investigación

El término de cultivos múltiples o policultivos⁴ se refiere a la producción de dos o más cultivos que coinciden en el espacio, al menos durante parte de su ciclo de vida (**García,1999**). Según **Francis (1986)**, los policultivos, fue el primer tipo de organización de la agricultura que giró alrededor de la necesidad de producir alimentos; luego, ha evolucionado para encontrar una diversidad de nichos geográficos y climáticos. En la sierra peruana, cada agricultor tiene alguna variante de policultivos, propias a microcondiciones únicas y las necesidades de su familia.

Los policultivos se han mantenido en los países en vías de desarrollo (**Francis op. cit.**); y han permitido a los agricultores maximizar el uso de los recursos como: temperatura, radiación solar, humedad, nutrientes, etc.; sin embargo, la investigación agronómica los ignoró, hasta que las investigaciones de Bradfield (1964, 1969, 1970, 1972), en las Filipinas, llamaron la atención; y ahora hay un creciente interés científico para explorar con detalle estos complejos sistemas, y ver qué se puede aprender de los agricultores para aportar al mejoramiento de la agricultura sobre la base de la ciencia y la tecnología (**García op.cit.**).

Una de las interrogantes que los expertos deben abordar es *¿por qué los policultivos constituyen el tipo de agricultura de los campesinos de bajos recursos de todo el mundo?*.

García op. cit., sostiene que la razón estará en la posibilidad de obtener un mayor rendimiento por unidad de área. El mismo autor, menciona a **Vandermeer (1990)** y **Altieri (1997)** que

⁴ En este documento, se admite los términos: cultivos múltiples y policultivos como sinónimos.

refieren las siguientes razones sociales para la existencia de los policultivos en las comunidades indígenas y los sistemas agrícolas de campesinos de escasos recursos: **i)** la importancia de proteger al suelo de la erosión y de proteger sus recursos productivos; **ii)** el mantenimiento de los recursos genéticos; **iii)** una mejor distribución de las necesidades de trabajo; **iv)** una mayor estabilidad de la producción; **v)** menores riesgos de pérdida de cosecha; **vi)** una dieta mejor balanceada; **vii)** mayores alternativas de disponer de diferentes productos para el mercado; y, **viii)** menor dependencia externa de insumos para mantener sus producciones.

Modelos de policultivos se hallan en todo el mundo; sin embargo, la mayor diversidad e interés se halla en los trópicos y especialmente en las regiones donde los agricultores operan intensivamente en una limitada extensión de tierra (**Francis,1986**), como en el Perú, donde el 55,3% de los productores tienen menos de 3,0 ha y el 84,3% son considerados agricultores minifundistas o pequeños agricultores (**INEI,1996**). En la provincia de Chota, Cajamarca, Perú; **Narro (1991)**, al realizar un sondeo sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), sostiene que el 89% de los agricultores entrevistados cultivan el maíz asociado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); sin embargo, existen áreas cercanas a las viviendas en donde además del frijol, se ha observado asociaciones de maíz con otros cultivos como: chichayos y zapallos (cucurbitáceas), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), haba, camote (*Ipomea batata*), kiwicha o coyo, quinua, etc.

En cuanto a las interacciones entre las plantas que intervienen en un policultivo, **Harper (1977)**, citado por **Stephen (1986)**, sostiene que una planta puede influir en otras que están

junto a ella al modificar su medio ambiente. Estas modificaciones pueden ser por medio de la eliminación o la adición de reacciones. Muchos efectos indirectos en el medio ambiente también pueden afectar las especies cercanas, esto puede ser al afectar las condiciones de temperatura, la insolación sobre la superficie del suelo, el movimiento del viento y alterando el balance entre los insectos benéficos y los insectos plaga. Sin embargo, el autor también manifiesta que la separación del efecto de cada uno de estos factores es extremadamente dificultoso, y que el manejo apropiado de los sistemas, solamente, será posible sobre la base de resultados de investigaciones ecológicas.

Existen muchas interacciones e influencias de los policultivos sobre los recursos productivos. De manera general, si en el sistema agrícola los recursos necesarios para mantener el desarrollo y rendimiento de los cultivos son limitados, entonces la producción puede decaer. Si los recursos son limitados para un policultivo, una especie de la mezcla puede captar los recursos necesarios de una mejor manera o en un período más corto respecto a la otra u otras; generando el fenómeno de la competencia, dando como resultado la depresión del rendimiento de una de las especies. Al respecto, **Peralta et al (1998)**, al realizar un estudio de Evaluación de Variedades de Maíz en Asociación con Variedades de Frijol a diferentes densidades de población, encontraron que el maíz blanco tardío redujo el rendimiento del frijol en un 9%. Otros ejemplos de competencia han sido reportados por muchos autores como **Trenbath (1976)** y **Harper (1977)**. En la sierra norte del Perú, **Tejada (2000)** al generar una tecnología de asociación de maíz con oca, observó que el rendimiento del maíz en la asociación con la oca se redujo en 9,26%; mientras que la oca al asociarse con el maíz tuvo una reducción de su rendimiento en 46,16%. En cuanto al estudio de la competencia, cuando

las investigaciones se han orientado, para conocer sus mecanismos, los resultados han sugerido una completa interacción de factores (**Stephen,1986**).

De otro lado, hay policultivos en los que se muestra incrementos en el rendimiento, o que la disminución del rendimiento no es significativa respecto al monocultivo. En este caso, las ventajas en el rendimiento son atribuidas a la complementariedad de las interacciones entre los cultivos que se asocian, dando como resultado un uso más eficiente de los recursos del medio. Al respecto **Stephen op. cit.**, cita el estudio realizado por **Willey y Reddy (1981)**, en el cual se cultivó mijo debajo de nueces. Los autores concluyeron que el mijo se benefició del nitrógeno disponible presente en el suelo cuando había hileras de las nueces; por el contrario, las plantas de mijo presentaron un color pálido por falta de nitrógeno cuando no se tenían las nueces.

En cuanto a la luz solar, la desigual captura por parte de uno de los cultivos respecto a otro, explica la dominancia de las mezclas; sin embargo, en un sistema múltiple se puede tener interacciones de varios factores (**Stephen op. cit.**).

El agua es otro recurso que interactúa con otros recursos. Hay muchos ejemplos en los cuales su efecto puede ser mayor en uno de los cultivos de la mezcla, ocasionando la depresión de su rendimiento (**Trenbath,1976; Harper,1977**; citados por **Stephen, op cit**). La deficiencia de agua, puede tener un efecto en la falta de solubilización y absorción de nutrientes. La escasa longitud de las raíces de uno de los cultivos, también constituiría una limitante cuando se tiene

períodos de estrés hídrico; pero también es una característica que impide la normal absorción de los nutrientes de la solución suelo (**Stephen,1986**).

El mantenimiento de la humedad del suelo depende de la especie de cultivo. En un estudio, para determinar la humedad del suelo a diferentes profundidades en una asociación de manzanas con *Lolium multiflorum*, *Poa annua* y *Pheum pratense*; **Milthorpe (1961)**, citado por **Stephen op. cit.**, llegó a la conclusión que debajo de *Lolium multiflorum* se redujo la humedad en una mayor magnitud que en las otras dos especies; lo cual, repercutió en una menor producción las manzanas. También la existencia de malezas, puede tener un efecto en la humedad del suelo; **Tejada (1997)**, encontró que la presencia de Trébol Carretilla (*Medicago polymorpha* L.), en un campo de maíz en fase reproductiva, mantenía un 1,22% de humedad más que los espacios donde no existía la maleza.

La alelopatía, es otro tipo de relaciones que puede presentarse en un policultivo; es decir, la capacidad que tiene una planta para la producción de sustancias químicas secundarias, seguida de su liberación en el medio y su subsecuente efecto en las plantas asociadas. Sin embargo, ocurren muchas dificultades cuando se trata de separar la alelopatía de otras formas de interferencia, especialmente con la competencia (**Putnam y Duke,1978**; citados por **Stephen, op. cit.**). Los cultivos que producen compuestos alelopáticos pueden tener efectos importantes en una asociación, o sobre otros cultivos sembrados después o sobre las malezas. Por ejemplo, la alelopatía mostrada por *Cucurbita pepo* en un sistema asociado con maíz y frijol, hacia las malezas *Vigna sinensis* y *Brassica oleracea* (**Stephen op. cit.**).

También pueden haber relaciones agronómicas positivas entre los cultivos que se mezclan. **Pronin y Yakovlev (1970)**, citados por **Stephen (1986)**., reportaron que los rendimientos del maíz y el frijol forrajero incrementaron en una siembra mixta; y sostienen que la influencia fue asociada con un incremento favorable de las secreciones radiculares de ambos cultivos, más que debido a un suplemento de nitrógeno por la leguminosa al sistema. Otro ejemplo, se refiere a la siembra intercalada de *Cucurbita pepo* en un cultivo asociado de maíz con frijol para formar un policultivo, que se realiza en sureste de México; lo cual, ayuda para el control de malezas (**Chacón y Gleissman,1982; Gleissman,1982**; citados por **Stephen, op. cit.**); y permite el incremento del rendimiento del maíz y eleva la Relación Equivalente de la Tierra (**Amador y Gleissman,1982**; citados por **Stephen, op. cit.**).

El mutualismo es otro tipo de relación entre los componentes bióticos del sistema. Ocurre muchas veces que cuando una especie está ausente, las otras sufren. También resulta difícil separar mutualismo de los beneficios encontrados en sistemas de policultivos benéficos. La simbiosis es un término muy conocido que refiere las interacciones del mutualismo. Ecológicamente la simbiosis es definida como la permanente e íntima asociación de dos o más organismos (**Whittaker,1975**; citado por **Stephen, op. cit.**).

La fijación simbiótica de nitrógeno, es la interacción mutualista más conocida. Las leguminosas con su acompañante, la bacteria del género *Rhizobium*, han jugado un rol muy importante en la agricultura (**Phillips,1980**; citado por **Stephen, op. cit.**). Los beneficios de la mezcla de una leguminosa con otro cultivo, provienen de las interacciones como la excreción de nitrógeno de la leguminosa para su uso por el otro cultivo; así como la estimulación de los

microorganismos del suelo y el retorno del nitrógeno al suelo (**Wilson,1940**; citado por **Stephen,1986**).

En cuanto a estructura, **Francis (1986)**, sostiene que en la mayoría de los policultivos siempre hay un cultivo principal; como el maíz en Centro América y las partes altas de los andes; la yuca en las tierras bajas de Colombia, Venezuela y Brasil; la papa en las partes altas de los andes; siendo el cultivo principal el que proporciona alimentos o ingresos en una mayor magnitud a la familia.

La mayor eficiencia en uso de recursos en los policultivos, se obtiene cuando se logra combinar especies en las formas y en los momentos adecuados, que permitan: **i)** reducir a niveles adecuados los efectos de la interferencia entre las plantas, **ii)** que se logre una facilitación, que se produce cuando una especie modifica el ambiente en un sentido positivo para la otra; ó **iii)** se complementen el empleo de los recursos disponibles (**García,1999**). Pero, también puede ocurrir lo contrario; es decir, una competencia excluyente, donde una de las especies domine a la otra, reduciendo fuertemente su desarrollo y haciéndola desaparecer del sistema, o se pueden afectarse mutuamente, dando como resultado una debilidad productiva y competitiva. Por lo tanto, se debe evitar la competencia excluyente, para obtener resultados satisfactorios (para tener una Relación Equivalente de la Tierra -RET- mayor a la unidad). Por ejemplo, la interseembra en hileras es más ventajosa cuando se combinan cultivos de porte alto con plantas de porte bajo y cuando tienen diferente duración de crecimiento. Esto generalmente funciona cuando los cultivos que se combinan tienen diferentes necesidades de luz y otros recursos, tanto en el tiempo como en el espacio. Esto

ocurre en el policultivo maíz-frijol, en donde el primero tiene una alta necesidad de luz, pero tiene hojas más erectas que dejan pasar cierta cantidad de luz que es empleada por el frijol que al ser una planta de tipo C3 y tener tapiz de hojas más abierto, requieren menos luminosidad para obtener una alta tasa de fotosíntesis, además de cubrir una mayor área (**García,1999**).

Numerosas investigaciones han mostrado las ventajas en los rendimientos de los policultivos respecto a los monocultivos. Esto, se correlaciona con el uso de una proporción mayor de los recursos disponibles de luz, agua y nutrientes (**Liebman,1995**). Así por ejemplo, el sistema de policultivos puede favorecer que las plantas dirijan hacia sus partes cosechables una proporción mayor de las sustancias elaboradas a través de la fotosíntesis y de lo que toman por las raíces. Por ejemplo, **Natarajan y Willey (1981)**, citados por **Liebman op. cit.**, observaron que cuando una leguminosa crecía sola, las semillas constituían el 19% del peso total de la parte aérea de la planta; sin embargo, cuando estaba en policultivo con sorgo, la leguminosa asignó 32% de su peso total de su parte aérea hacia las semillas; es decir, hubo un 68% de incremento.

Los policultivos, también contribuyen a facilitar el manejo agronómico por parte del agricultor. Así, generalmente permiten una menor incidencia de malezas, plagas y enfermedades. En el control de malezas, **García op. cit.**, sostiene que los policultivos son muy efectivos, reduciendo el número de deshierbos, lo cual conjuntamente con los incrementos de rendimientos, puede acrecentar los ingresos netos del sistema. Así, el autor refiere que, el melón y el camote asociados a los cultivos de ñame, maíz o yuca, reemplazó tres deshierbos manuales en comparación con el monocultivo de estos últimos cultivos. De

otro lado, **Liebman y Diyck (1993)**, citados por **García (1999)**, observaron que cuando los policultivos se establecen con criterios múltiples (control de erosión, malezas, aumento de fertilidad, rendimiento), se realiza un control más efectivo de las malezas que cuando se establecen para atender a un sólo criterio (como rendimiento). No obstante del efecto de los policultivos para el control de malezas, **Liebman (1995)**, sostiene que aún no se establecen bien los factores que afectan el éxito del control de las malezas en los policultivos, lo cual, implica la necesidad de profundizar la investigación en este campo. Pero, se considera que el mejor control de malezas por los policultivos es frecuentemente atribuida a la presencia de copas más densas, las que interceptan la luz que de otro modo llegaría a las malezas.

En cuanto a los insectos plagas, según **Liebman *op. cit.***, la documentación científica muestra que éstas, frecuentemente, son menos abundantes en los policultivos que en los monocultivos. **Risch et al (1983)**, al revisar 150 trabajos de campo publicados, encontraron que el 53% de las especies de plagas que se presentaron eran menos abundantes en los policultivos, 18% lo eran más, 9% no mostraban diferencia alguna y 20% tenían una respuesta variable. De igual manera, **García *op. cit.***, reporta que los policultivos son muy efectivos para controlar las plagas y enfermedades; y cita a **Andow (1991)**, quien al realizar una revisión de 209 artículos, halló una menor y significativa concentración de insectos plaga en los policultivos y una mayor cantidad de enemigos naturales. La mayor presencia de enemigos naturales, se atribuye a un incremento en la variedad y cantidad de fuentes disponibles de alimentos, mayor variedad de presas y hospederos que existen en los diferentes hábitat del policultivo, mejores condiciones de microhábitat, que permiten persistir no solamente a los enemigos naturales, sino a las presas y los hospederos, por lo cual, se estabilizan las poblaciones de depredador-

presa y parasitoide-huésped y hay más disponibilidad de néctar y polen. Todos estos factores pueden ayudar a mejorar el éxito en la reproducción, supervivencia y eficacia de los enemigos naturales.

De otro lado, la menor cantidad de insectos plagas en los policultivos se explica por dos hipótesis: **i)** la de la existencia de los enemigos naturales; y, **ii)** la de concentración de recursos, referida a que cuando las plagas tienen un limitado número de huéspedes, tienen mayores dificultades para permanecer en cultivos pequeños y dispersos (policultivo) en comparación a cultivos grandes y densos (monocultivo) (**García 1999**).

En cuanto a enfermedades, no se tiene mucha información (**Sumner et al,1981**, citado por **Liebman,1995**). Sin embargo, el microclima de los policultivos puede ser menos favorable para el desarrollo de las enfermedades. Se ha reportado la reducción de enfermedades bacterianas y virales. Tenemos por ejemplo, que la asociación de frijol-maíz, redujo la incidencia del virus del mosaico común, encontrándose una incidencia del 12,4% en el policultivo mientras que en el monocultivo fue de 25,7%. Se ha observado, también, una disminución de la varias enfermedades de las arvejas cuando sus enredaderas se enroscan alrededor de los cereales asociados que cuando yacen dispersos sobre el suelo (**Liebman op. cit.**).

En cuanto al diseño de policultivos, **García op. cit.**, refiere que se debe tener en cuenta pautas de tipo biológico, económico y social, a fin de alcanzar la eficiencia esperada. Entre las consideraciones se tiene: **i)** que los cultivos deben crecer y estar adaptados a las condiciones

edáficas y climáticas del área de influencia, **ii)** ser compatibles en sus sistemas fisiológicos, **iii)** complementarse en sus necesidades de recursos, potenciando las funciones ecosistémicas y la sinergia, **iv)** aumentar la productividad total del sistema, **v)** minimizar los riesgos para el productor, **vi)** distribuir el trabajo lo más homogéneo posible en el tiempo, **vii)** reducir los costos externos, **viii)** mantener el flujo de productos al mercado y por lo tanto las entradas monetarias, **ix)** tener en cuenta las necesidades básicas de alimentación de la familia, sus animales y otras necesidades; y, **x)** proteger los recursos productivos.

En cuanto a la posibilidad de ahorro de la tierra con los policultivos, muchos autores han reportado valores de la Relación Equivalente de la Tierra (RET), mayores a la unidad. Así, **Natarajan y Willey (1981)**, citados por **Liebman (1995)**, mostraron la eficiencia del policultivo de sorgo con leguminosa en la India. Ellos encontraron que se necesitaban 0,94 hectáreas de monocultivo de sorgo, y 0,68 hectáreas de monocultivo de la leguminosa para producir las mismas cantidades de ambas cosechas en policultivo de 1,0 hectárea; es decir, en este caso la RET, estaría dada por $0,94+0,68=1,62$. El rendimiento de cada cultivo de la asociación se redujo por la competencia de la otra especie, pero el rendimiento total del policultivo, por unidad de superficie fue un 62% mayor que en el monocultivo; mostrando una mejor eficiencia en el uso de la tierra.

De otro lado, la agricultura es una actividad económica que debe responder a la globalización de la economía; por lo cual, también se exige una evaluación de rentabilidad de los policultivos. Respecto a ello, **García (1999)**, afirma que la mayor rentabilidad de los

policultivos se debe a mayores rendimientos por unidad de área, pero también a una menor labor por deshierbos o por la reducción de pérdidas de cosecha.

En cuanto a rentabilidad, **Sánchez (1981)**, citado por **García (1999)**, al realizar una revisión sobre manejo de suelos en sistema de policultivos, concluye que una hectárea de cultivo intercalado puede producir un ingreso entre 6 a 45% superior que dos medias hectáreas (0,5 ha) de los monocultivos respectivos. Así encontró, valores para la Relación Equivalente de Ingreso (REI), de 1,06 y 1,45, para las siembras en hileras de maíz-algodón y maíz-frijol mungo, respectivamente. A lo cual, se puede agregar que este ingreso puede ser mayor cuando se intercalan más de dos cultivos (**Soria et al,1975**).

Asimismo, se debe considerar que la evaluación de los policultivos puede considerar varios criterios, inclusive la producción calórica y de proteínas por hectárea por día (**Wade y Sánchez, 1984**; citados por **Liebman,1995**); lo cual, proporcionaría mayores elementos de juicio para un análisis más completo de este tipo de agricultura.

c) **Los Cultivos y Trabajos de Investigación en la Zona de Estudio**

La quinua y kiwicha son especies anuales de diversos colores. Botánicamente, pertenecen a la Clase Dicotiledoneae y al Orden Centrospermales. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), pertenece a la familia Chenopodiaceae, mientras que la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), a la familia Amaranthaceae (**Mujica y Berti,1997 y Mujica,1993**). Estos granos andinos son importantes por su valor alimenticio y nutricional, sobresalen en su contenido de proteínas,

grasas, vitaminas y minerales; destacando el contenido y el valor alimenticio de su proteína determinado por la calidad de aminoácidos. Tienen un aminograma adecuado para alcanzar una nutrición balanceada. Su proteína es comparable a la albúmina del huevo y a la caseína de la leche, dos proteínas de reconocida calidad (ver Anexo 02). Por ejemplo, en kiwicha se ha determinado más de 15 aminoácidos útiles para el ser humano; de éstos, 8 son esenciales que escasean en los alimentos comunes y que el cuerpo humano no los puede sintetizar como son: lisina, metionina, triptófano y cistina. Es destacable el contenido de lisina en estos granos, un aminoácido que interviene en la formación de nuestra masa encefálica (**Ortega,1992; Angulo,1993**). Por tanto, estos cultivos se pueden potenciar para superar la malnutrición de las poblaciones rurales y urbanas de nuestro país.

Los granos andinos son oriundos de los Andes y están aún subexplotados (**Tapia,1997**). Aunque se pueden cultivar desde el nivel del mar hasta altitudes de alrededor de 3 000 m; en la sierra norte, comprendida al norte de los 8°30'LS, la zona agroecológica óptima para su desarrollo es la quechua, entre los 2 500 y 2 800 msnm, que coincide con la zona del maíz. Sin embargo, también muestran una amplia adaptación, siendo cultivados en pequeñas áreas⁵ y en asociación con otros cultivos, especialmente, el maíz.

Tradicionalmente, son manejados extensivamente, sin recibir la atención necesaria para obtener una buena producción. En algunos lugares, se cultivan sin abonamiento y en muchas veces no reciben un desmalezado en forma oportuna; pero, esta condición de manejo está cambiando en los últimos años, debido a una mayor demanda en el mercado.

Tanto en quinua como kiwicha, se tiene una alta variabilidad genética, hay ecotipos con diferentes tipos de respuesta a las variadas condiciones físico-climáticas de la sierra norte, que pueden contribuir, significativamente, para dar mayor sustentabilidad a los sistemas de producción campesina. Los agricultores utilizan cultivares de variados colores, realizando la siembra en líneas entre melgas del maíz (5 a 6 líneas de maíz, por 1 línea de quinua o kiwicha), teniendo alrededor de 150 plantas por metro lineal al momento de la cosecha, estimándose un rendimiento de 750 a 800 kg de grano por hectárea (**Tejada,1999**).

Dado que los granos andinos se cultivan en pequeñas áreas y generalmente en sistemas de policultivos, el ataque de plagas no es significativo en la zona. En cuanto a enfermedades, en la quinua el ataque del Mildiu (*Peronospora farinosa* Fr.), ocurre estacionalmente cuando se tiene una alta humedad relativa en el ambiente (mayor al 80%) (**Danielsen y Ames,2000**); sin embargo, a nivel de productores, no se observa daños significativos de esta enfermedad.

La producción de quinua y kiwicha, se destina generalmente para el autoconsumo familiar. No obstante, de su alto valor nutritivo, estos granos participan en un bajo porcentaje de la dieta familiar campesina y urbana de la zona, generalmente por el desconocimiento de sus propiedades alimenticias y por haber sido considerados por siglos, como alimentos de bajo prestigio social, actitudes que poco a poco están cambiando (**Fano y Benavides, 1992**).

⁵ A nivel del departamento de Cajamarca, se estima unas 20 y 140 ha para los cultivos de quinua y kiwicha, respectivamente (Oficina de Información Agrícola del Ministerio de Agricultura Cajamarca. 1997).

De otro lado, los cultivos de lenteja, haba y arveja han sido introducidos de otras partes del mundo⁶, pero han sido adoptados por los productores e incorporados al manejo tradicional ocupando áreas significativas de la sierra nor peruana⁷. Botánicamente, pertenecen a la Clase Dicotiledoneae, al Orden Rosales y a la familia de las leguminosas o fabaceae **(Sánchez,1993)**. La lenteja (*Lens culinaris* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.), generalmente se siembran como unicultivos ocupando suelos marginales de ladera; aunque, en algunas pequeñas áreas se encuentran asociados a cereales de grano pequeño (trigo, cebada). El haba (*Vicia faba* L.), generalmente, se encuentra asociada al maíz y papa ocupando suelos de mejor calidad y en las partes de mayor altitud (sobre los 3 000 m), se siembra en unicultivo. **(Chaupe,1995 y Pajares,1999)**.

En el sistema tradicional, las hileras de siembra para estas leguminosas son alrededor de 40 cm entre ellas, teniendo entre 12 a 15 plantas por metro lineal para arveja y lenteja, respectivamente, y alrededor de 8 plantas por metro lineal para haba. Las prácticas de abonamiento son generalmente ausentes en estos cultivos. Se utilizan variedades tradicionales, aunque el mercado ha impulsado el uso de algunas variedades mejoradas como por ejemplo: en arveja: Blanca de Junín y Usui y en Lenteja la variedad INIA-402 **(INIA,2000)**. En cuanto a plagas, la arveja en las últimas campañas ha sido afectada por una especie de áfido (*Macrosiphum* sp.); sin embargo, aún no se ha intensificado el control químico para esta plaga. En cuanto a enfermedades, las tres especies son atacadas por las pudriciones radiculares (hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*,

⁶ Según N.I. Vavilov (1887-1940), estas especies proceden del Centro de Origen del Asia Central.

Phythium y *Rhizoctonia*), cuando se tiene una excesiva humedad en el suelo; pero, también la Mancha Chocolate (*Botrytis* sp) en haba y Antracnosis (*Colletotrichum pisi*) en arveja, suelen presentarse en forma significativa en algunas campañas agrícolas (**Cortez,1993; Carranza,1984; Perales,1993**).

Además de destinarse para el autoconsumo familiar, estas leguminosas juegan un rol importante en la economía del productor, destinándose alrededor del 60% de su producción para el mercado. La lenteja y haba se comercializa como grano seco, mientras que la arveja se destina en un alto porcentaje como grano fresco.

En la sierra norte del Perú hay varios tipos de policultivos. La siembra de maíz con frijol es muy difundida; sobre la cual, se han realizado diversas investigaciones a nivel mundial; pero también existen otros policultivos de no menor importancia donde el maíz es el cultivo principal, como es el caso de maíz+quinua, maíz+kiwicha y maíz+haba; sobre los cuales, no se ha realizado investigaciones. Asimismo, otros cultivos son generalmente asociados por los pequeños agricultores, en los cuales se incluye diversas formas como: avena+lenteja; papa+arveja; papa+quinua; papa+kiwicha; quinua+haba; olluco+tarwi; oca+olluco+tarwi; etc. Al considerar que la existencia de cultivos múltiples con las especies de quinua, kiwicha, lenteja, haba y arveja es a nivel empírico campesino, sin haber estudiado con detalle su performance, el Programa de Investigación en Cultivos Andinos de la Estación Experimental

⁷ A nivel del departamento de Cajamarca, se estima unas 500, 2 500 y 10 000 ha para los cultivos de haba, lenteja y arveja, respectivamente (Oficina de Información Agrícola del Ministerio de Agricultura Cajamarca. 1997).

Baños del Inca del Instituto Nacional de Investigación Agraria, ha realizado una investigación

preliminar sobre la asociación de quinua con leguminosas de grano, cuyos resultados fueron **(Tejada,1998 y Tejada,1999):**

- i) En la Campaña Agrícola 1997-98, al evaluar las asociaciones de quinua+lenteja y quinua+arveja en dos momentos de siembra, se concluye que la siembra simultánea de quinua+lenteja es una alternativa promisoriosa, habiéndose obtenido una Relación Equivalente de la Tierra (RET) de 1,70. Esta asociación fue al colocar la lenteja en chorro continuo a 15 cm de las hileras de la quinua; las cuales, fueron sembradas en surcos separados a 0,80 m.

- ii) En la Campaña Agrícola 1998-99, al continuar con la investigación para evaluar las asociaciones de quinua+lenteja y quinua+arveja, se observó valores de RET, equivalentes a 1,20 y 1,59 para el caso de quinua+lenteja y quinua+arveja, respectivamente; concluyéndose que uno de los tratamientos promisorios sería quinua+lenteja, intercalando líneas de siembra de ambas especies y que se debe continuar la investigación incluyendo el cultivo de haba.

2.2. Enfoque del Trabajo de Investigación

La vida humana se basa en la utilización de los recursos naturales. El nivel de vida de los

pueblos, de las familias, de los productores depende fundamentalmente de la calidad y uso que ellos den a sus recursos. En este sentido, la abundancia de recursos naturales no es equivalente de adecuado nivel de vida, de lo contrario no habría pobreza en nuestro país, pues el Perú es considerado con un gran potencial de recursos naturales.

¿Que ocurre entonces? Lo que pasa es que no damos un adecuado uso a nuestras potencialidades naturales, por múltiples motivos. Al analizar las razones de ello, talvez podríamos llegar a una red interrelacionada y compleja de factores. Sin embargo, para nuestro propósito se debe enfatizar el aspecto de la agricultura en el país.

En forma breve, se puede decir que en el Perú no ha existido una política agraria que atienda los intereses de las mayorías. La promoción agrícola ha priorizado, en un primer momento, a los productos agroindustriales de exportación o para la industria nacional; algo después, con la promoción de la revolución verde, se amplió a nivel nacional la introducción de tecnologías en los mejores suelos (costa peruana), con efectos positivos a corto plazo pero con efectos dañinos y una producción insostenible a largo plazo.

La investigación y transferencia de tecnología agrícola, ha priorizado la generación y difusión de tecnologías de insumo, que han promovido el uso de insumos y recursos externos a las comunidades y familias rurales como el uso de fertilizantes químicos, de plaguicidas, de semillas mejoradas, equipos de riego, etc.; lo cual, ha generado ganancias económicas a los comercializadores de estos insumos o materiales y ha beneficiado a los habitantes urbanos.

De otro lado, se conoce que el Perú, es tradicionalmente agrícola. Los lugares donde ahora habitamos, en tiempo pasado mantuvieron sosteniblemente a su población. El manejo de los recursos productivos fue diferente, se manejó ecológicamente los ciclos que siguen los elementos de los ecosistemas; sin mayores conocimientos sobre las ciencias actuales como la ecología y la agroecología, nuestros antepasados manejaron los principios y estrategias que estas ciencias están tratando de estudiar e interpretar actualmente. La modernidad vuelve sus ojos a la naturaleza, empieza a aprender de lo que se dejó por muchos años. La Agroecología, se orienta con mucha fuerza al estudio y generación de tecnologías agrícolas que permitan un manejo ecológico de los sistemas productivos **(Tejada,1997)**.

Sin embargo, se debe tener presente que lograr el manejo del agroecosistema con eficiencia productiva, socioeconómica y ambiental no es fácil; lograr sistemas agrícolas diferentes, más productivos, más endógenos y más sostenibles, requiere de acciones persistentes y a mediano y largo plazo; por ello, se debe empezar ahora.

En este contexto, el presente estudio, tiene singular importancia por ubicarse en la búsqueda de eficiencia para la agricultura de minifundio, donde se necesita la innovación tecnológica en base de la potenciación de los recursos productivos de las familias rurales, como es el diseño de policultivos eficientes. Al respecto, **Davis et al. (1986)**, manifiestan que un gran número de autores (Rao y Willey, 1980; Baker, 1980, Francis y Sanders, 1978), han mostrado que cuando existe un desastre, existe una menor posibilidad de fallar en los ingresos cuando se tiene policultivos en comparación a cultivos solos.

De otro lado, al comparar los objetivos de la investigación agrícola, **Francis (1986)**, refiere que modificar las características de un cultivo, como por ejemplo, mejorar su eficiencia a una insolación baja, podría demorar alrededor de 10 años; mientras que investigaciones sobre modelos de policultivos pueden lograr sus resultados dentro de un corto plazo; lo cual, incrementa la posibilidad de obtener recomendaciones para los agricultores.