



**Fotos 3, 4, 5 y 6 - Tomadas en el final del ciclo del cultivo de maíz**

- 1- Tratamiento Químico (uso de herbicida pre y post emergente)
- 2- Tratamiento Químico- Mecánico (uso de herbicida pre emergente + tractor y sus implementos)
- 3- Tratamiento Cultural (asociación de maíz y frijol + azada)
- 4- Tratamiento Mecánico (uso de implementos de tracción + azada)

En los tiempos modernos, donde la producción por hectárea debe ser incrementada, tanto en diversidad alimentaria como en cantidad y calidad de la producción, sin deteriorar el agroecosistema, es necesario que la ciencia y la técnica trabajen en función de diseñar tecnologías apropiadas a los sistemas policulturales, dentro del proceso de transformación hacia una nueva visión de hacer agricultura en armonía con el medio ambiente. La escasa disponibilidad de superficie existente para la producción de alimentos, con un crecimiento acelerado de la población a escala mundial requiere de sistemas productivos, consumidores de poca energía humana y elevada protección de los recursos naturales. Los nuevos aportes científicos sobre las bases agroecológicas y su aplicación a la práctica productiva, darán cumplimiento a tales objetivos.

Cualquier sistema de manejo por eficiente que sea, debe tener en consideración las consecuencias de sus efectos sobre la próxima siembra; un sistema será funcional, solo si no compromete el buen desarrollo de los cultivos sucesores. En este sentido, se abordará el tema acerca de la influencia de los precedentes culturales sobre el cultivo de maíz.

#### **4.2.5. Resultados de la influencia de los precedentes culturales en el cultivo de maíz.**

En esta investigación, se presentan los resultados de algunos cultivos de ciclo corto, precedentes al cultivo de maíz, tanto en sus efectos en la reducción de las poblaciones de arvenses, como la influencia sobre los rendimientos del cultivo económico; para lo cual, es necesario primero, conocer las arvenses presentes, su abundancia y dominancia, base para conocer si los precedentes ejercen influencia que favorezca la cantidad y calidad de la fitocenosis del sistema productivo.

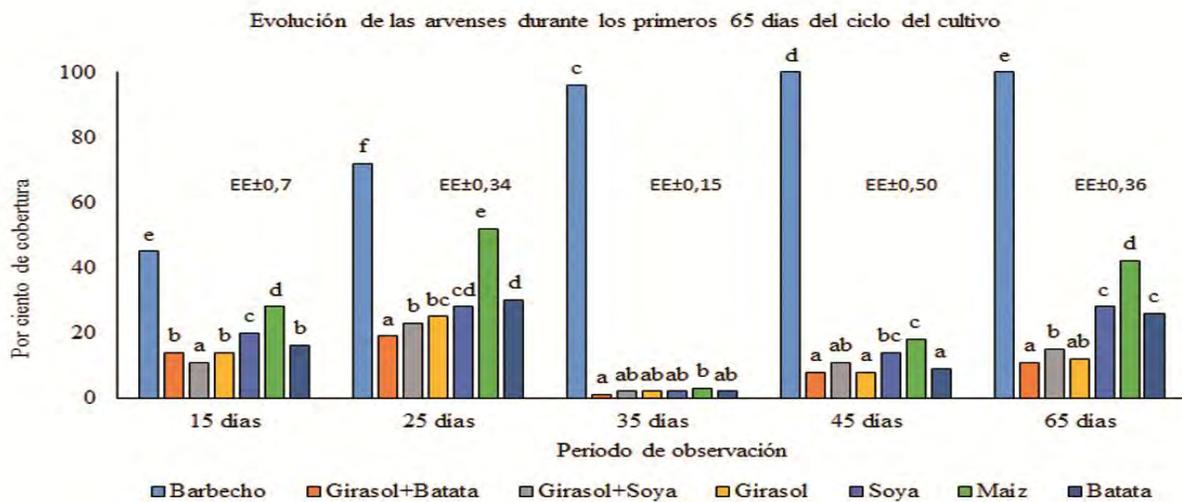
##### **4.2.5.1. Efectos de los precedentes sobre las arvenses y su dominancia.**

La Figura 16 ofrece la información de la cobertura de las arvenses, mientras se desarrollaron los cultivos precedentes al maíz (pre-período crítico y posterior al mismo hasta los 65 días).

De los resultados se deduce que fueron las asociaciones girasol+batata, girasol+soya y girasol en monocultivo, las alternativas que presentaron la menor abundancia de arvenses, por su capacidad

de cubrimiento de los espacios libres, lo que provoca interferencia con el sombreado. Adicionalmente existe la probable liberación de sustancias que inhiben el crecimiento y desarrollo de las arvenses que en el caso del girasol, ha sido demostrado por González *et al.* (2014).

Se demostró que la presencia del girasol como precedente, es una opción de alta significación para bajar poblaciones de arvenses en suelos muy infestados. La riqueza arbórea de la fitocenosis, en libre crecimiento en el tratamiento barbecho (transitorio) de la superficie experimental, puede apreciarse en la Figura 16, donde se deduce la existencia de una rica fuente de semillas en el suelo que ha permitido, en corto tiempo, cubrir el 100 % del área con especies de arvenses, al ser cambiado el sistema de manejo establecido durante años.



Letras iguales indican diferencias no significativas  $P \leq 0,001$  según Duncan (1955).

**Figura 16.** Evolución de las arvenses en su dominancia (% de cobertura) durante los primeros 65 días del ciclo de los cultivos.

La fuerte influencia de los cultivos, en competencia interespecífica con las arvenses, en un período temprano del crecimiento y desarrollo de los cultivos en asociación, augura buenas perspectivas para la etapa inicial del desarrollo del maíz como cultivo sucesor, de poder desarrollarse en presencia de una dominancia menos agresiva que la que normalmente aparece en el tratamiento que reproduce el monocultivo del maíz.

La eficiencia del manejo de arvenses en los cultivos económicos dependerá del grado de coincidencia que exista con el período crítico de competencia del maíz, tomado como referencia para evitar la competencia interespecífica, algo que puede repercutir finalmente en los rendimientos finales, según el comportamiento de cada cultivo *vs* arvenses.

Se apreció que al disminuir las poblaciones de arvenses a los 35 días, se proporciona un período de baja dominancia para todos los cultivos hasta los 45 días, con una cobertura que no supera el 20 % del cubrimiento del espacio libre, lo que permite protección a los cultivos para garantizar altos rendimientos; resultados que coinciden con Labrada (2004) y Caamal-Maldonado *et al.* (2001). Se pudo verificar además, que la capacidad de recuperación de las arvenses fue inferior en las parcelas ocupadas por los cultivos de girasol en mono y policultivo, dada la respuesta obtenida 15 días después (a los 65 días).

El grado de afectación en los rendimientos de los cultivos depende del conocimiento que se tenga de su período crítico, que fue definido en esta investigación para el cultivo de maíz, que fue el único que sobrepasó el 40 % de cubrimiento, pasado casi dos tercios del ciclo del cultivo, por lo que no se deben esperar daños económicos por competencia cultivo-arvenses. Estos resultados coinciden con lo planteado por Harrison y Peterson (1986); Morales y Betancort (2012), acerca de que la garantía de la no afectación por arvenses en el cultivo de maíz, radica en bajar sus poblaciones en el momento oportuno.

Como resumen de los efectos de los precedentes, se puede establecer un paralelo de criterios similares a los que Delgado *et al.* (2003) declararon al respecto, que por medio de la alternancia de cultivos de diferentes especies vegetales, en secuencia temporal para una superficie determinada, modifica la intensidad de la competencia y los efectos alelopáticos a que son sometidas las arvenses, disminuyendo la instalación de una comunidad patrón, proporcionando un

mejor desarrollo de los cultivos sucesores, a la vez que se logra aportar a la sociedad mayor diversidad de alimentos preservando el medioambiente.

#### 4.2.5.2. Influencia de los cultivos precedentes sobre la altura y número de hojas de maíz.

Al analizarse la influencia de los cultivos precedentes sobre la altura y el número de hojas de las plantas de maíz para cada uno de los tratamientos, 45 días posteriores a la germinación, se observó que los precedentes con soya y su asociación con girasol, mostraron los mejores resultados con diferencias significativas, en relación con el resto de los tratamientos, para la variable altura de la planta, mientras que para el número de hojas no presentaron diferencias entre ellos, ni con los restantes tratamientos con girasol, lo que parece estar determinado por las características del indicador que posee menor variabilidad (Tabla 26).

**Tabla 26.** Altura de las plantas y número de hojas del cultivo de maíz a los 45 días de la germinación.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Numero de hojas (planta <sup>-1</sup> )
<i>Glycine max</i> , L.	79,37 a	8,7 a
<i>Helianthus annus</i> L + <i>Glycine max</i> , L.	78,50 a	8,7 a
<i>Ipomoea batata</i> L.	73,19 b	8,4 a
<i>Helianthus annus</i> L. + <i>Ipomoea batata</i> L.	70,10 b	8,8 a
<i>Helianthus annus</i> L.	58,51 c	7,8 a
<i>Zea maíz</i> L.	55,39 c	7,1 b
Barbecho	54,53 c	7,3 b
<i>Es ± de la media</i>	0,08	0,06
CV (%)	4.17**	3,02**

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Sin embargo, frente al precedente maíz, en la alternativa representante del monocultivo que se repite en el tiempo, la afectación fue mayor y al mismo nivel que la alternativa precedida del barbecho, el cual mostró el valor de altura más bajo, donde se esperaba una mejor respuesta, por el enriquecimiento de la biomasa incorporada de la vegetación que creció libremente.

Esta respuesta contradictoria puede ser el resultado de un inefectivo beneficio de la biomasa residual, lo cual pudiera ocurrir por diferentes causas no evaluadas en esta investigación. El no

haber alcanzado el tiempo necesario para la descomposición (30 días) puede ser una de las causas, dado que en esas condiciones no hay aportes al medio edáfico aún. Hay que considerar que donde existe dominancia de las poáceas en condiciones tropicales, la descomposición ocurre durante un período de tiempo superior a los cuatro meses (Hernández *et al.*, 2013, 2014).

Sin embargo, al no haberse podido evaluar la biomasa total incorporada, ni dar seguimiento al proceso de la descomposición en el tiempo, el análisis responde a la información que brinda la literatura consultada (Buckman y Brady, 1964).

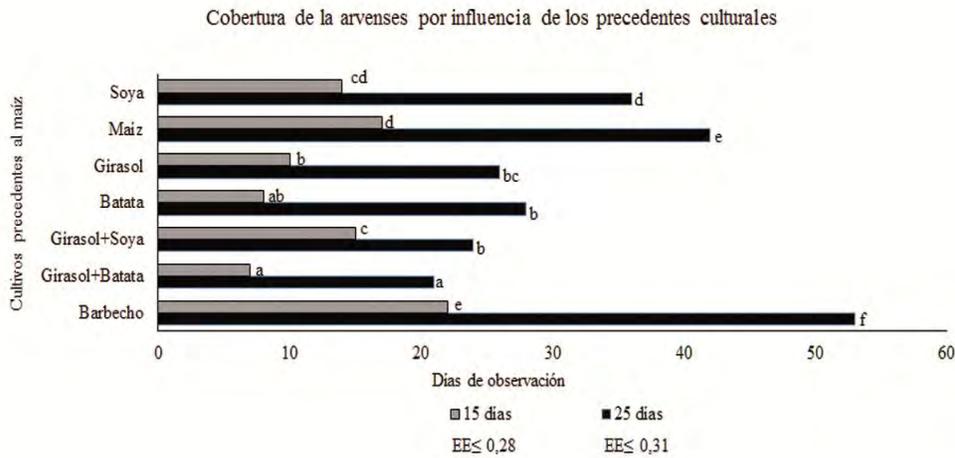
#### **4.2.5.3. Influencia de los cultivos precedentes sobre dominancia de las arvenses durante el crecimiento y desarrollo del maíz como cultivo sucesor.**

Uno de los objetivos más importantes de esta investigación es poder encontrar efectos positivos de los cultivos precedentes, en la reducción de las arvenses que cohabitan en competencia interespecífica con el maíz como cultivo sucesor. Dado que su disminución implicaría menores gastos en su manejo, y por tanto, se lograrían mejores resultados económicos.

Para esta investigación, los tratamientos que estuvieron precedidos de la asociación con girasol (girasol + soya y girasol + batata) y batata monocultivo, fueron los que menor porcentaje de cobertura presentaron, comparados con los restantes tratamientos (Figura 17) con un valor mínimo de seis por ciento a los 15 días para el tratamiento girasol + batata y máximo de 28 % a los 25 días en la batata monocultivo.

El *C. rotundus* L. fue visible en todos los tratamientos a excepción del barbecho, dominado por el *C. dactylon* (L.) Pers. La dominancia de *C. rotundus* se debe a las características de esa especie perenne, agresiva e invasora de difícil manejo (García, 2000 y Andreasen, 2012), además de que posee una elevada plasticidad ecológica, frente a herbicidas conocidos (Arévalo *et al.*, 2014). Las perturbaciones que ocurren en los agroecosistemas fruto de la intervención humana, regularmente

los desequilibran (Galon *et al.*, 2008). Las especies *Galinsoga parviflora* Cav. y *A. deflexus* L., fueron las menos visibles y estuvieron ausentes en el tratamiento precedido por girasol + batata.



Letras iguales indican diferencias no significativas  $P \leq 0,001$  según Duncan (1955).

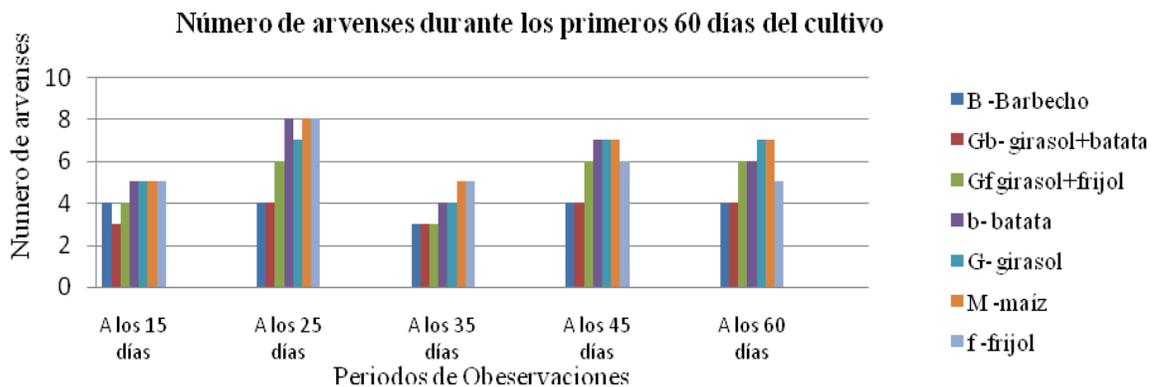
**Figura 17.** Cobertura (%) de arvenses en el cultivo de maíz por tratamientos en dos momentos pre-período crítico.

La ausencia de arvenses viene dada por dos factores de acción simultánea: la competencia interespecífica por interferencia, cuando la siembra del girasol se realiza con densidades óptimas y al efecto alelopático comprobado del girasol frente a especies de la familia solanácea (Herrera, 2013; González *et al.*, 2014), lo que presume la existencia de alguna influencia aún por descubrir sobre especies de otras familias.

Después de la germinación de las semillas de maíz, se registró un cambio paulatino del número de especies de arvenses por tratamientos. La Figura 18 muestra que este número no se incrementó en el tiempo; dado que la variabilidad entre tratamientos para las diferentes fechas fluctuó entre dos a cuatro. La mayor diversidad (ocho especies) previa a la primera labor de manejo (a los 25 días), correspondió a los tratamientos en monocultivo, sin relación con el por ciento de cobertura que esta proporciona. Este resultado indica que las modificaciones estructurales correspondientes a la fitocenosis de las arvenses, requieren de estudios donde se evalúen los precedentes con más repetitividad en el tiempo, tal y como recomiendan Samek y Travieso (1968).

Las diferencias significativas entre tratamientos no proporcionaron información que merezca un análisis biológico de interés, dado que el por ciento de cobertura total de la fitocenosis de cada tratamiento en este caso, aportó el dato que más influyó en los rendimientos del cultivo sucesor.

Los sistemas de mayores cubrimientos de la superficie agrícola fueron los que ofrecieron mayores obstáculos a la proliferación de arvenses. Cultivos ahogantes de las arvenses como la batata, si no logran cubrir toda la superficie agrícola pre-período crítico, pueden alcanzar valores de diversidad de arvenses altos, lo que no necesariamente constituye un problema para el sistema productivo, pero que debe ser evitado por el nivel de competitividad que pudiera ofrecer al cultivo económico, si no se consigue manejar a tiempo y garantizar que bajen sus poblaciones durante el período crítico.



**Figura 18.** Número de especies de arvenses hasta los 60 días del cultivo.

Las demás arvenses no presentaron adecuada capacidad de resiliencia, por lo que fueron desapareciendo con el tiempo, verificándose variabilidad de posición en la dominancia entre ellas, probablemente motivado por las condiciones climáticas de la zona de estudio. El número de especímenes resultó muy bajo en el tratamiento con el cultivo de girasol+batata para todas las especies, coincidiendo con Júnior y Coelho (2010), quienes señalaron que en el control de plantas

dañinas en el cultivo de maíz, se debe utilizar prácticas integradas que incluyan la utilización de rotaciones de cultivos.

El hecho de contarse con especies como *C. rotundus* dominando en todos los tratamientos y en el barbecho la especie *C. dactylon*, de elevada agresividad por su plasticidad ecológica (Moreira y Bragança, 2010) y que desde el inicio de los precedentes mantuvo su dominancia, alerta sobre las medidas especiales que habrá que encontrar para someterlas al grupo de las subordinadas; aunque al introducirse nuevos cultivos como precedentes, parece ser una alternativa a evaluar en investigaciones posteriores. El valor práctico de esta investigación radica en que pudiera obtenerse una cosecha como cultivo sucesor al girasol, sin realizarse labores previas al período crítico o al menos, disminuir la incidencia de arvenses y con ella los gastos energéticos durante su manejo, algo sobre lo cual no existe información registrada en la literatura internacional revisada.

El total de especies encontradas en el agroecosistema durante el desarrollo de la investigación se ofrece en la Tabla 27, donde se aprecia la existencia de poca diversidad, lo que causa su desequilibrio; algo sobre lo cual Sarandón (2005) expresó al determinar el valor de 45 especies como mínimo para garantizar el equilibrio.

#### **4.2.5.4. Análisis de los rendimientos de los cultivos precedentes al maíz.**

Los resultados mostraron que los cultivos utilizados como precedentes al maíz crecieron satisfactoriamente, con rendimientos adecuados, según informes de la FAO (2010a) y mostraron la posibilidad de poder ser utilizados con estos fines para sistemas productivos que tengan esos propósitos (consultar Tabla 29).

Algunos cultivos de gran importancia en la dieta humana y animal, como girasol, batata y soya, pueden ser cultivados con éxito bajo las condiciones de Ngongoinga y Chianga; tal resultado beneficia a la localidad, por la posibilidad de la extracción de su aceite y no poseer olores fuertes,

**Tabla 27.** Especies de arvenses presentes en el agroecosistema de producción de maíz

Familia	Especies	Nombres populares	Ciclo
Amaranthaceae	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	bledo rastro, caruru, caruru rastro	anual
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	bledo gigante, caruru bravo y hoja larga.	anual
Apiaceae	<i>Apium leprophyllum</i> (Pers.)	aipo bravo, gertrudes, mastruzo	anual
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	amor de negro, carrapicho de carneiro, espinho de agulla.	anual
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Amor seco, picão preto, aceitilla, margarita silvestre, romerillo	anual
Asteraceae	<i>Conyza canadensis</i> (L.)	buva, buva do Canadá, voadeira.	anual
Asteraceae	<i>Galinsogaparviflora</i> av.	botão de ouro, fazendeiro, picão branco	anual
Caryophyllaceae	<i>Spergula arvenses</i> L.	espérgula, espérguta, gorga, gorja, pega-pinto	anual
Commelinaceae	<i>Comelina diffusa</i> Burn.	capim gomoso, erva de santa luzia, grama da terra.	anual o perenne
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	capim dandá, junça, tiririca, tiririca vermelha, tiririca de três quinas.	perenne
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	amendoim bravo, café do bispo, , flor de porta, leiteira, leiteiro,	anual
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	baga, bajureira, carrapato, carrapateira, mamoeira, palma de cristo	perenne
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	azedinha de folha cortada, trevo azedo.	perenne
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	cardo amarelo, cardo santo, papoula de espinho.	anual
Poaceae	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	braquiaria, capim braquiaria	perenne
Poaceae	<i>Chloris barbata</i> (L.) Sw.	capim -pé-de-galinha, pé-de-galinha.	perenne
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	capim bermuda, da cidade, de burro,	perenne
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	capim de coroa d'ouro, capim de pomar, capim-fubá, capim-pé-de-alinha,	perenne
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Ness.)	capim provisório, capim vermelho, , provisório.	perenne
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	beldroega, berdoega, bredo de porco, caruru de porco, ora pro nobis	anual
Rubiaceae	<i>Richardia, brasiliensis</i> sp	poia, poia branca, poia do campo.	anual
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i> L.	bem-casado, estramónio, mata zombando, quinquilho, saia branca, zabumba	anual
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (L.) Pers.	balãozinho, bexiga, jóá de capote, juá de capote, lanterna da china, quintilho	anual

Se registraron al momento de realizar la primera labor de manejo un total de 13 familias y 22 especies, siendo las familias Asteraceae, Poaceae, Solanaceae y Amaranthaceae las de mayor dominancia.

pudiendo consumirse directamente sin refinación, lo que significaría un ahorro importante por los altos precios de este producto en el mercado; además, es un subproducto adicional para la alimentación animal, y puede ser visto como un posible rubro económico para el agroecosistema, lo que coincide con Casas *et al.* (2010) y Rodríguez (2014) al describir las utilidades del girasol dentro de un sistema integral.

En particular, la soya se consideraba una especie imposible de producir con éxitos en la localidad<sup>5</sup>, algo que ha sido impugnado con los resultados de esta investigación, por lo que se puede enunciar que los precedentes utilizados son adecuados y poseen posibilidades de ser empleados en estos sistemas productivos, bajo las condiciones de Huambo.

Sin embargo, la producción de batata, en general, fue baja respecto a los rendimientos que normalmente se obtienen en este cultivo a escala internacional (Rodríguez, 2012) e inferior al que se obtiene a nivel nacional, sobre todo en el primer experimento, lo que estuvo relacionado con las características de la variedad, cuya biomasa exuberante le confiere características adecuadas como variedad forrajera, aunque con excelente calidad gustativa del tubérculo. Un cambio de variedades (Lonbito 19 por Yanshu) para el segundo experimento, tampoco aportó rendimientos cercanos a los que normalmente se obtienen en el trópico, lo que responde a las deficiencias en la tecnología integral de la producción en Huambo, que por tradición carece de una fitotecnia eficiente (Kowalski, 2013)<sup>6</sup>.

#### **4.2.5.5. Influencia de los precedentes en los rendimientos de maíz como cultivo sucesor.**

Los rendimientos del cultivo de maíz, fueron inferiores a los obtenidos al evaluarse el período crítico de competencia con las arvenses, debido a condiciones climáticas menos favorables

---

<sup>5</sup> Informaciones obtenidas de la población aldeaña al Instituto de Investigación Agronómica Huambo, Angola.

<sup>6</sup> Kowalski, Britta. 2014. Genetista del Programa de Raíces y Tubérculos, por el Centro Internacional de la papa (CIP), Lima 12- Peru. Huambo - Angola. B.Kowalski@cgiar.org. www.cipotato.org. Comunicación personal.

(precipitaciones irregulares); sin embargo, estuvieron por encima de los que normalmente se registran en el Planalto, al superar la media de los rendimientos que se logran en la localidad (Tabla 28), que según Nuñgulu *et al.* (2006) no superan los 700 kg ha<sup>-1</sup> para los pequeños productores y 2 500 kg ha<sup>-1</sup> para los productores de recursos adecuados.

**Tabla 28.** Rendimientos del cultivo de maíz año 2011-2012 y 2013-2014.

Precedentes	Rendimientos de maíz (t ha <sup>-1</sup> ) años 2011-2012	Rendimientos de maíz (t ha <sup>-1</sup> ) años 2013-2014
Soya	3,615 a	-
Girasol + soya	3,225 b	-
Girasol + frijol	-	2,640 a
Frijol	-	2,525 ab
Maíz + frijol	-	2,600 ab
Maíz + batata	-	2,556 ab
Girasol + batata	2,751 d	2,502 ab
Batata	2,970 c	2,420 b
Girasol	2,500 e	2,102 c
Barbecho	2,352 e	1,948 c
Maíz	2,004 f	1,595 d

Los valores de los rendimientos de maíz fueron superiores en las parcelas precedidas por la soya en monocultivo y el tratamiento donde está asociada al girasol, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En el segundo año, los mejores

tratamientos correspondieron también a una leguminosa (frijol) en monocultivo y asociado al girasol, al maíz; además de la batata en monocultivo y asociada.

La respuesta positiva de las leguminosas y la batata en monocultivo y asociadas como precedente al maíz, pudiera estar relacionada con la contribución que las mismas hacen para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, por una mejor y mayor distribución de las raíces a través del perfil, incremento de la biomasa por unidad de superficie, con diferente composición química, que hace más rico el sustrato y más rápida la descomposición, por poseer una menor relación carbono nitrógeno (C/N) (Alonso, 2009).

La batata y la soya en monocultivo proporcionan beneficios en el mejoramiento físico del suelo, por la protección por cubrimiento en corto tiempo de la superficie total, y en particular la batata,

al engrosar sus raíces tuberosas, mejoran posiblemente la densidad aparente del suelo en la labor de extracción de los tubérculos, como actividad precedente del cultivo sucesor.

Estos resultados coinciden con Caycedo (2013) al informar que las leguminosas mejoran la fertilidad por el intercambio de nutrientes más estables, tornando menor el gasto de energía en el sistema de producción, aunque los bajos rendimientos en la localidad vienen dados más por las bajas densidades de siembra, que por los potenciales productivos de las variedades y condiciones edafoclimáticas, según las observaciones del diagnóstico. Sin embargo, Rute (2011) ha indicado que las causas de los bajos rendimientos en maíz en la localidad se deben al estrés hídrico, a las deficiencias de nutrientes en el suelo y a las plagas.

En el caso de esta investigación, no hubo afectaciones hídricas y las necesidades nutricionales fueron suplementadas acorde a los requerimientos del cultivo, en igual dosis para todos los tratamientos; por ello, se consideró que los precedentes con soya y la asociación girasol+soya fue la respuesta al precedente para el experimento 2011-2012; en el segundo experimento, las asociaciones junto al frijol en monocultivo mostraron ser los mejores precedentes.

El grado de afectación presentado en el barbecho, al parecer responde a la abundante biomasa de arvenses que se acumuló y probablemente no logró descomponerse en el tiempo preciso, mientras que el tratamiento en monocultivo, manifestó su usual comportamiento deletéreo que regularmente ofrece este sistema productivo (Vernooy, 2008; Hurtado *et al.*, 2009).

Aun cuando la FAO (2006a) informó que la productividad unitaria en la provincia de Huambo fue estimada en 0,7 t ha<sup>-1</sup>, en el año 2007-2008 y que la producción de maíz fue de 0,98 t ha<sup>-1</sup>, según la relatoría del MINADER (2009), los resultados de esta investigación son muy superiores, aunque no se acercan a los publicados por Melo-e-Abreu *et al.* (2006) al indicar que para esta región, durante el desarrollo del Proyecto Nuevo Maíz, se notó una apreciable subida de la productividad

unitaria, cuantificada en 6,3 t ha<sup>-1</sup> en algunas fincas de agricultores con altos insumos. Estas diferencias están estrechamente ligadas al uso de híbridos que requieren de elevados niveles de insumos (Primavesi, 1972, 1990).

#### 4.2.5.6. Análisis del Índice Equivalente del Uso de la Tierra (IET).

La Tabla 29 ofrece los resultados del Índice Equivalente del Uso de la Tierra (IET), según Hiebsch y Mc Collum (1987), sobre la base del cálculo recomendado por Leihner (1983).

Aunque los resultados fueron discretos, a través de las asociaciones se obtuvo un valor de IET superior a la unidad para los cultivos asociados, lo que le confiere la condición apropiada para garantizar un mejor uso equivalente del suelo en policultivo que en monocultivo, según fue señalado por Pereira *et al.* (2010); González *et al.* (2013; 2014), base para garantizar mejores resultados productivos desde el punto de vista económico.

**Tabla 29.** Resultado del Índice Equivalente del Uso de la Tierra (IET) promedio de los dos experimentos.

Precedentes	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) precedentes 2011-2012 y 2013-2014	IET = ATER Por siembra simultánea $\sum_{i=1}^n (t_i^M / t_i^I) \times (Y_i^I / Y_i^U)$
Girasol + Soya	1,995-0,596	1,13
Girasol monocultivo	2,935	
Soya monocultivo	1,431	
Girasol +Frijol	1,760-0,581	1,24
Frijol monocultivo	0,885	
Girasol + Batata	2,010-4,800	1,12
Batata monocultivo	9,628	
Maíz + Frijol	1,425-0,480	1,14
Maíz monocultivo	2,164	
Maíz + Batata	1,410-6,200	1,16

Por siembra simultanea el IET=ATER

t<sub>i</sub><sup>M</sup>: duración del cultivo i en monocultivo; t<sub>i</sub><sup>I</sup>: Duración total del sistema en intercalamiento; Y<sub>i</sub><sup>I</sup>: Rendimiento del cultivo i en intercalamiento; Y<sub>i</sub><sup>U</sup>: Rendimiento i en monocultivo

La introducción adicional a los objetivos del experimento realizado en Chianga en el año 2014, de dos alternativas tradicionales en los países tropicales, referidas a la asociación maíz + frijol y de maíz + batata (Altieri, 1999; Leyva *et al.*, 1999; Quintero *et al.*, 2010), mostraron un

comportamiento favorable, que permite considerar la posibilidad de no solo establecer sistemas que tengan en cuenta el precedente, sino también la asociación del maíz con otros cultivos además del girasol.

El valor agroecológico de la asociación radica en lograr que el IET no sea inferior a la unidad, para evitar pérdidas económicas, pero el hecho de contarse con resultados superiores a la unidad establece una condición importante, porque aporta mayores éxitos económicos que los cultivos por separado.

Los valores de incremento; sin embargo, no deben ser extremadamente elevados; en tales casos, cultivos con ciclos similares, cuestionaría el arreglo espacial establecido (Leyva, 2014), por cuanto se corre el riesgo de una sobre utilización de la superficie que corresponde al cultivo principal, en caso de un arreglo espacial inadecuado; algo que no ocurre al intercalar con un cultivo de ciclo largo (como la caña de azúcar por ejemplo), durante los tres a cuatro primeros meses no cubre su espacio agrícola y se puede obtener una producción adicional de un cultivo de ciclo corto, sin afectar el cultivo principal; en este caso, se cumple la ley de la facilitación planteada por Vandermeer (1995).

Este resultado infiere además, que para las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Huambo, un sistema productivo eficiente para el cultivo de maíz, estaría precedido de una asociación de cultivos de ciclo corto, donde el girasol como cultivo principal podría estar asociado con frijol o batata. Ofrece, además, la posibilidad de que se pueda obtener mayor diversidad de productos por unidad de superficie de forma simultánea, lo que aumenta la diversidad alimentaria de las familias campesinas.

Conforme a los criterios de Ferreira (1996) y Cirujeda *et al.* (2008), las ventajas de los sistemas de cultivos múltiples ya sean policulturales, rotacionales o de precedentes, donde además se

incorporan leguminosas al sistema, tributa en un incremento del rendimiento de granos de maíz, entre 21 y 60 %, un aumento en los contenidos de calcio, magnesio, materia orgánica y en la capacidad de intercambio catiónico. Esencial significado ha tenido la observación del efecto “sombrija” de los precedentes para la protección del cultivo sucesor *vs* arvenses, que sería más visible si se consideraran arreglos espaciales que promuevan densidades óptimas que provoquen interferencias por competencia o alelopatía frente a las arvenses.

#### **4.2.5.7. Consideraciones finales acerca de los precedentes culturales.**

Un análisis general acerca de los precedentes culturales, permite valorar que las expectativas esperadas de los precedentes como posibles estimulantes o limitantes de los rendimientos del cultivo sucesor, aunque eficientes, no parece responder a las expectativas que la literatura la ha mostrado (Puentes *et al.*, 1982; Pohlan, 1995). Si bien, las diferencias entre los rendimientos del maíz influidos por los cultivos precedentes fueron significativas, los valores expresados en toneladas por hectárea no fueron suficientemente grandes como para asumirlas como una contribución de elevada significación desde la visión economicista; sin embargo, los efectos que estos producen sobre las propiedades del suelo y sobre las arvenses (influencia indirecta) parecen ser lo más significativo, aun cuando resultó evidente que determinados cultivos por su alta capacidad de mejorar las condiciones del suelo e influir con mayor fuerza sobre las arvenses (frijol y girasol, respectivamente), son de hecho, precedentes mucho más aceptados que otros que no tengan esas potencialidades.

Se pudo constatar, como elemento interesante, que la ausencia de arvenses en las parcelas ocupadas por el cultivo de girasol fue notable y comprobatoria de su eficiencia como medida de manejo (Fotos 7, 8, 9) lo que infiere que existe un efecto de esta especie sobre la inhibición del desarrollo de las arvenses; lo más significativo del resultado es la posibilidad real de obtener un



**Foto 7.** Ausencia de arvenses en la parcela con girasol durante su crecimiento y desarrollo



**Fotos 8 y 9.** Reducción de arvenses en la parcela precedida por girasol (a la izquierda), en comparación con una leguminosa, a la derecha 21 días después de la cosecha.

cultivo como sucesor al girasol, al que no sea necesario realizar ninguna labor de manejo de arvenses.

Estos resultados no son totalmente conclusivos y, por tanto, el tema merece continuar siendo atendido por la ciencia, al menos en las incógnitas que quedan por dilucidar, sobre todo evaluando dichos cultivos con repetitividad en el tiempo.

#### **4.2.6. Propuesta de sistema integral de manejo de arvenses para Huambo, Angola.**

Del análisis hecho en cuanto al diagnóstico realizado, para evaluar el nivel de acercamiento a la sostenibilidad en la producción de maíz en Huambo, Angola y haberse asumido el conocimiento de la diversidad de arvenses y su manejo como estudio de caso, dentro de la problemática general detectada, se hace una propuesta integral de manejo de arvenses sobre bases agroecológicas, tomando en consideración las siguientes premisas:

- (i) Un diagnóstico participativo con análisis por Niveles de Desarrollo Agrario (NDA), determinándose las tres dimensiones de la sostenibilidad con cálculo del Índice General de Sostenibilidad de la producción agraria.
- (ii) Determinar los períodos críticos de competencia interespecífica entre los cultivos y las arvenses, teniendo en cuenta el tipo de variedad, periodo y densidad de siembra.
- (iii) Utilizar alternativas técnicamente viables según los resultados y que desde el punto de vista económico sean rentables, como los sistemas de cultivos asociados al maíz (frijol) y al girasol (frijol y batata) precedentes al maíz, como especie reguladora de la fitocenosis de las arvenses en campos con elevada dominancia.
- (iv) Utilizar el cultivo de girasol con óptimas densidades de siembra, como precedente cultural, en superficies con dominancia de arvenses de alta plasticidad ecológica como *C. rotundus* L.

La propuesta realizada, informa sobre las acciones básicas a realizar para alcanzar los objetivos trazados. Su materialización en la práctica, dependerá de otras tareas que simultáneamente serán necesarias llevar a cabo, tales como:

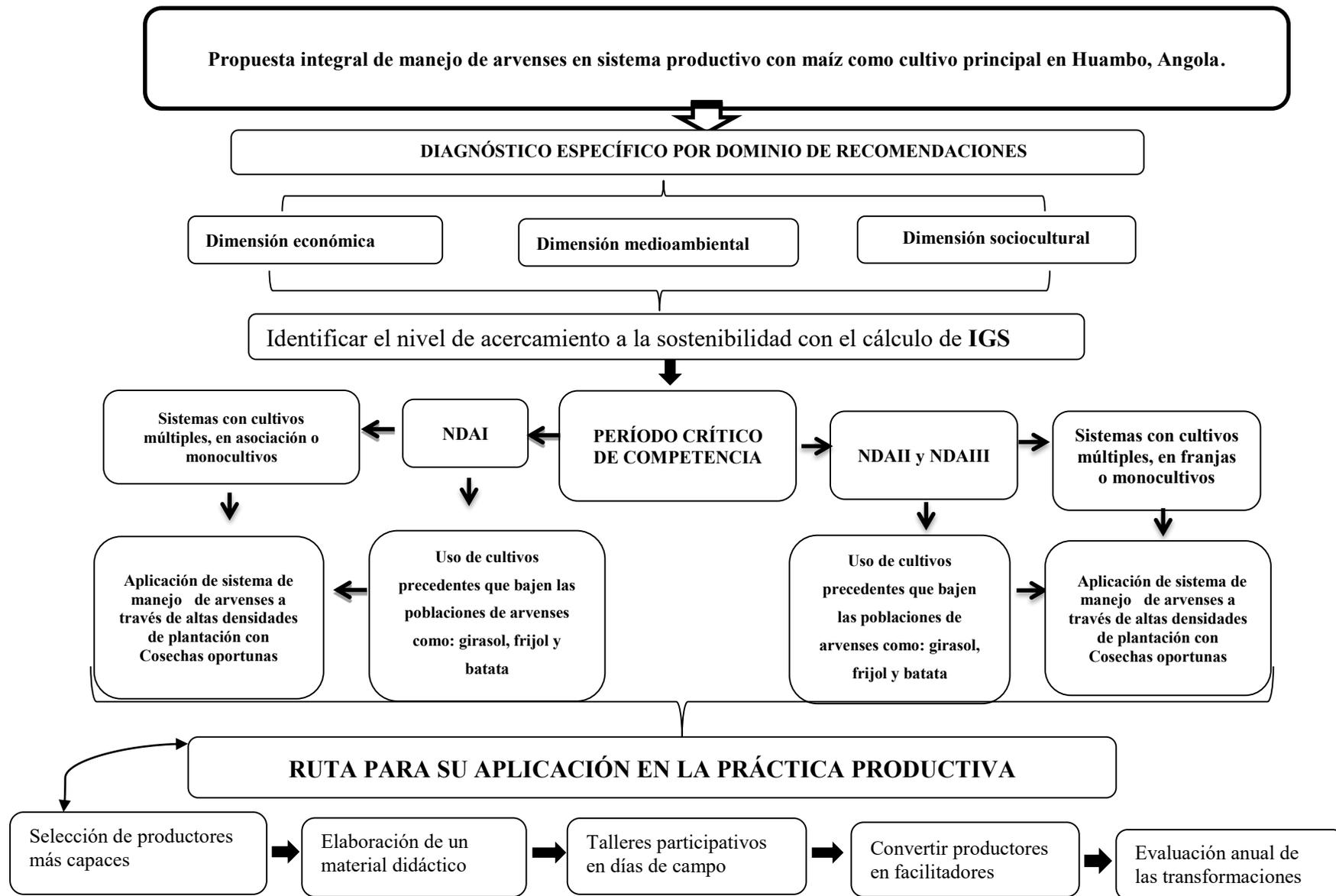
- ✓ Conocimiento de la problemática sociocultural de la localidad.
- ✓ Programa de capacitación para el conocimiento de la propuesta realizada y dar a conocer los principios que rigen la agroecología como ciencia.
- ✓ Haciendo uso de la investigación participativa, se debe potenciar la atención a los actores con mayor capacidad dentro del NDAI, para convertirlos en facilitadores locales.

Algunos problemas visualizados en el diagnóstico y que no fueron tenidos en cuenta en la investigación, deben formar parte de una carpeta de interrogantes, para futuras investigaciones en apoyo a los objetivos planteados; entre ellos se destaca:

- ✓ La búsqueda de arreglos espaciales óptimos para el cultivo de maíz, que promueven la realización de siembra con altas densidades;
- ✓ Uso de variedades de ciclo corto, que respondan al gusto de los consumidores.
- ✓ Estudiar los métodos más apropiados para el manejo de arvenses durante el periodo crítico de competencia, no solo los que se recomiendan en esta investigación, sino combinarlos con otros métodos que respondan a los principios de la sostenibilidad.

La aceptación de la innovación local por actores de alta creatividad, pueden jugar un rol importante para dar cumplimiento a estos objetivos. Desde el punto de vista de la etnobotánica se necesitaría profundizar en el estudio de las arvenses, en el uso de la medicina verde y registrar especies que aún no están incorporadas en el Missouri Botanical Garden y en el Royal Botanic Gardens.

El esquema 2, muestra la ruta de la propuesta para un manejo sostenible de las arvenses, con bases agroecológicas, en el cultivo de maíz en Huambo.



**Esquema 2.** Esquema de la propuesta de sistema integral de manejo de arvenses

VI.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

## V. CONCLUSIONES

1. Se logró definir el Índice General de Sostenibilidad inferior al valor límite tomado como punto de partida hacia la sostenibilidad y el análisis por dimensiones mostró la superioridad del Nivel de Desarrollo Agrario bajo (NDAI) en la dimensión medioambiental.
2. Se pudo conocer las especies de arvenses dominantes en el cultivo de maíz en las localidades de Ngongoinga y Chianga y el índice de similitud entre ellas, así como su valor sociocultural. Se logró determinar el período crítico de competencia entre las arvenses y el cultivo de maíz que ocurrió entre los 21 a 49 días posteriores a la germinación para una variedad de ciclo largo en el periodo lluvioso.
3. El sistema de manejo cultural (SMC), correspondiente a la asociación maíz-frijol, superó económicamente a los restantes sistemas de manejo.
4. El influjo positivo de los precedentes culturales sobre el cultivo de maíz, se evidenció con precedentes soya, frijol, girasol y batata; la reducción de las arvenses, constituye una de las principales causas de ese efecto.
5. Se diseñó un modelo agroecológico para el manejo de arvenses en Huambo, Angola, integrado en dos líneas de investigación, donde se entrelazan los aspectos socioculturales y tecnológicos, lo que propugna el incremento de la productividad del sistema donde el maíz constituye el cultivo principal.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Utilizar en Huambo, Angola, la propuesta agroecológica para el manejo de arvenses, que propugna el incremento de la productividad del sistema donde el maíz constituye el cultivo principal.
2. En agroecosistemas altamente infestados con arvenses de difícil manejo, utilizar el girasol como precedente al maíz. Para los niveles de Desarrollo Agrario bajo emplear el frijol o batata asociados al girasol; mientras que para el nivel de Desarrollo medio y alto utilizar dichos precedentes solo en monocultivo.
3. Poner en conocimiento de las autoridades gubernamentales de Huambo, Angola, los resultados de esta investigación, mediante la elaboración de un folleto divulgativo, que incluya los principales resultados.
4. Profundizar en los estudios etnobotánicos de las arvenses con sus bondades socioeconómicas y medioambientales para la región e identificar las nuevas especies encontradas y registrarlas en la literatura internacional.
5. Poner a disposición de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad “José Eduardo dos Santos” y el Instituto de Investigación Agronómica, los resultados de esta tesis, para contribuir a la formación académica de estudiantes y la actualización de profesores e investigadores en Huambo, Angola.