



ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

EVALUACION ERGONOMICA DE CUATRO DISEÑOS  
DE AZADON EN EL COMBATE DE MALEZAS  
SOBRE DIFERENTES PENDIENTES

Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
título de Ingeniero Agrónomo en el grado  
académico de Licenciatura

Por

Alejandro Efraín Rivera Rosero

Honduras, 16 de agosto de 1996

#671

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

EVALUACION ERGONOMICA DE CUATRO DISEÑOS  
DE AZADON EN EL COMBATE DE MALEZAS  
SOBRE DIFERENTES PENDIENTES

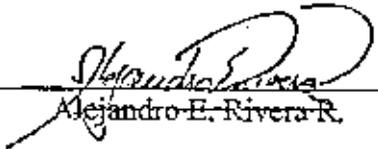
Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
título de Ingeniero Agrónomo en el grado  
académico de Licenciatura

Por

Alejandro Efraín Rivera Rosero

Honduras, 16 de agosto de 1996

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor



Alejandro E. Rivera R.

Honduras, 16 de agosto de 1996

## AGRADECIMIENTOS

Al Silsoe Research Institute por el apoyo y financiamiento brindado para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería.

Al L.F.A.R.H.U. por el financiamiento otorgado a lo largo de toda la carrera.

A mi comité de asesores, por sus oportunos y acertados consejos.

A David O' Neill por el asesoramiento brindado durante el estudio.

A todo el personal del Departamento de Agronomía, por la confianza y el apoyo que depositaron en mí.

A Carlos Martínez y Francisco Alvarez, por el apoyo logístico brindado a lo largo del estudio.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana y la comunidad de Lavaderos, Francisco Morazán, Honduras, durante el período de Abril de 1996 a Agosto de 1996. Tuvo como objetivo determinar cómo influye el diseño del azadón en el esfuerzo fisiológico que se realiza en el combate de malezas en tierras con pendientes diferentes. Se evaluaron cuatro diseños de azadón cuyas características principales fueron dos anchos de cuchilla y dos ángulos entre el cabo y la cuchilla; además, se utilizó el azadón convencional como testigo. Para ello se hicieron mediciones de la frecuencia cardíaca y los latidos totales durante veinticinco minutos con un monitor de frecuencia cardíaca (BHL-6000), que va acompañado de un programa de computación, y del área trabajada en veinte minutos. Participaron en el estudio dos trabajadores, quienes probaron los azadones en tres rangos de pendiente diferente y en dos fases del cultivo del maíz: antes de la siembra y a los treinta días después de la siembra. Para el análisis se compararon los datos obtenidos de la frecuencia cardíaca, el número de latidos totales y el área trabajada. No se detectó ninguna diferencia en el esfuerzo realizado ni en el área entre los azadones evaluados. Se concluyó que la magnitud del esfuerzo depende de la pendiente, la cual está sujeta a la postura de trabajo. Además, la capacidad de trabajo depende de factores climáticos del sitio como la humedad del suelo. Los trabajadores son una fuente de variación bastante grande que no permite detectar la aceptabilidad de un azadón en particular por parte de los mismos. Se recomienda en este estudio evaluar factores climáticos y trabajar con el incremento en frecuencia cardíaca, aumentar el número de trabajadores y usar otros indicadores del esfuerzo que se realiza.

## CONTENIDO

	Pág.
Portadilla.....	i
Derechos de autor.....	ii
Aprobación.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Contenido.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.2. Objetivo General.....	2
1.3. Objetivo Específico.....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Importancia de la herramienta.....	3
2.2. Las malezas y su papel en el ciclo productivo.....	4
2.3. Principios básicos de ergonomía.....	5
2.4. Factores que afectan el diseño de herramientas.....	7
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1. Localización y duración.....	11
3.2. Pendiente del terreno.....	12
3.3. Equipo y herramientas.....	12
3.3.1. Azadones.....	12
3.3.2. Monitor de frecuencia cardíaca.....	13
3.4. Área trabajada.....	14
3.5. Condiciones del experimento.....	15
3.5.1. Tipo de tarea.....	15
3.5.2. Duración de la tarea.....	15
3.5.3. Cultivo.....	16
3.5.4. Trabajadores.....	16
3.5.5. Malezas.....	16
3.5.6. Pedregosidad.....	16

3.6. Tratamientos .....	17
3.7. Diseño y análisis estadístico .....	17
3.8. Metodología .....	17
3.8.1. Fase 1 del experimento .....	17
3.8.2. Fase 2 del experimento .....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	21
V. CONCLUSIONES .....	24
VI. RECOMENDACIONES .....	25
VII. BIBLIOGRAFIA .....	26

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Dimensiones de los azadones disponibles en diferentes regiones de la India .....	9
2. Dimensiones de los azadones que se utilizaron en el estudio .....	13
3. Rotación de los trabajadores durante una jornada de trabajo.....	18
4. Análisis de varianza para la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en las dos fases .....	21
5. Separación de medias para la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en las dos fases .....	23

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág
1. Fotografía del monitor de frecuencia cardíaca y su equipo.....	14
2. Hoja de salida del programa "REPORT" .....	15

## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Entrevista realizada a los productores de las comunidades de la Joya y Lavanderos .....	27
2. Diagrama de los azadones usados en el estudio .....	28
3. Cuestionario de aceptabilidad para los trabajadores.....	29
4. a) Resultados de la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en la fase 1 .....	30
b) Resultados de la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en la fase 2 .....	31
5. Población de malezas presentes en los tres sitios y en las dos fases del ensayo .....	32
6. Datos de precipitación y temperatura para las dos fases del ensayo .....	34

## I. INTRODUCCION

En los países en vías de desarrollo, la agricultura involucra una proporción significativa de la población. Si a esto le agregamos la inestabilidad económica, las presiones demográficas y el limitado acceso a tierras cultivables, obtenemos un creciente número de pequeños productores que se ven obligados a cultivar tierras marginales, que en su mayoría son suelos degradados y ubicados en zonas de laderas.

Se han hecho grandes esfuerzos a nivel nacional e internacional por crear tecnologías apropiadas para mejorar la calidad de vida de dicha población. Sin embargo, no se ha tomado en cuenta la dificultad que representa el esfuerzo físico realizado durante las tareas agrícolas, como el combate cultural de malezas y la preparación del suelo.

Las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1987) revelan que más del 70% de la energía utilizada en la producción agrícola marginal la provee el esfuerzo humano.

El proyecto LADERAS I impulsado por la Overseas Development Administration of the United Kingdom Government (ODA) y el Silsoe Research Institute (SRI) en varios países centroamericanos, sostiene que el combate cultural de malezas es la actividad que más tiempo consume y en algunos casos la describen como la más difícil.

Dicha problemática incrementa la necesidad de aplicar principios ergonómicos en el diseño de herramientas agrícolas. Un ejemplo claro es que no existe evidencia específica sobre el diseño de herramientas que cubran la necesidad de tener que trabajar en distintas posiciones sobre terrenos con pendiente y suelos con diferentes características físicas.

La ayuda que brinda la ergonomía en el diseño de herramientas contribuye potencialmente a la disminución en el uso de herbicidas, aumenta la conservación del suelo e incrementa la productividad (O' Neill, 1994).

Actualmente, el S.R.I. y la Escuela Agrícola Panamericana han unido esfuerzos para emprender un proyecto a través del cual se mejoraría la calidad de vida de los pequeños productores aplicando la ergonomía en el diseño de sus herramientas, basándose en el aporte que este estudio en cuestión le pueda ofrecer.

La pregunta de investigación del estudio es: ¿Provoca el diseño ergonómico de herramientas una disminución del esfuerzo realizado y un aumento en la eficacia de trabajo?

### 1.2. Objetivo General

Determinar cómo influye el diseño del azadón en el esfuerzo fisiológico que se realiza en el combate de malezas en laderas de diversas pendientes.

### 1.3. Objetivos específicos

1. Determinar las dimensiones de la herramienta mejor adaptada a diferentes pendientes.
2. Determinar cuál es el azadón fisiológicamente más eficaz, basándose en la frecuencia cardíaca.
3. Determinar el diseño más eficaz, en términos de área trabajada.
4. Determinar el diseño mejor aceptado por los usuarios.

La limitación de este estudio es no poder medir el consumo de oxígeno que junto con la frecuencia cardíaca determinan la energía utilizada. Para medir el consumo de oxígeno se requiere de equipo especial que estuvo fuera del alcance de este ensayo.

## II. REVISION DE LITERATURA

En este capítulo se pretende informar la aplicabilidad de la ergonomía en el diseño de herramientas. Para ello se desarrollaron los siguientes temas: la importancia de la herramienta, las malezas y su papel en el ciclo productivo, los principios básicos de la ergonomía y los factores que afectan el diseño.

### 2.1. IMPORTANCIA DE LA HERRAMIENTA

En el trópico, las condiciones de producción de los pequeños productores (refiérase a productores de escasos recursos) es desfavorable; debido a que sus fincas se encuentran, generalmente, en zonas de poca precipitación lluviosa, en suelos degradados o en laderas (Chambers *et al.*, 1989, citado por Rogan y O'Neil, D. 1993).

Wolf (1986) afirma que existen 1.4 billardos de personas en el mundo que dependen de la agricultura marginal para su supervivencia. Las cifras comprenden aproximadamente: 1 millardo en Asia, trescientos millones en África y cien millones en América Latina (citado por Rogan, A. y O'Neill, D. 1993).

La mayoría de las tareas o prácticas agrícolas que realizan los pequeños productores están basadas en su propio esfuerzo físico; a causa de la escasez de recursos para utilizar maquinaria o tracción animal. Estadísticas de la FAO (1987) reflejan lo antes expuesto, sosteniendo que el esfuerzo humano provee más del 70% de la energía usada en las prácticas agrícolas para la producción de cultivos en los países en desarrollo (FAO, 1987, citado por Rogan, A. y O'Neill, D. 1993).

La gran mayoría de los productores trabajan sus tierras con ayuda de herramientas; debido a la escasez de recursos y la poca disponibilidad de tierras para utilizar animales o maquinaria en el mejor de los casos. El azadón es la herramienta más importante y es utilizada para una amplia gama de actividades. El uso del azadón constituye aproximadamente el 6% del total de horas-hombre utilizadas en la producción de un cultivo (Nag *et al.*, 1980).

Se ha estimado que en la India el azadón representa el 13% de los 800 millones de herramientas existentes (CIAE, 1987).

El azadón es una herramienta manual sencilla que juega un papel importante en la producción marginal agrícola. Los usos que se le dan son variados: preparación del terreno, surcado, cosecha de raíces y construcción de drenajes de riego entre otros (Nag y Pradhan, 1992).

El azadón está constituido por una cuchilla de hierro ligeramente curvada y un cabo o mango de madera. Este es un diseño que no ha cambiado en su forma básica a través del tiempo (Hopfen, 1969 citado por Nag y Pradhan, 1992).

Numerosos estudios realizados indican que el trabajar con azadón demanda un gran consumo de energía y esfuerzo muscular (Nag y Pradhan, 1992).

## 2.2. LAS MALEZAS Y SU PAPEL EN EL CICLO PRODUCTIVO

La definición de la palabra maleza tiene un origen antropocéntrico debido a que es el hombre quien determina cuándo una planta es indeseable; ya sea por que crece donde no se quiere, está fuera de lugar o por que obstaculiza los objetivos y prácticas diarias del hombre (Pitty, A. y Muñoz, R., 1993).

La competencia de las malezas por luz, agua y nutrimentos reduce el crecimiento eficiente de los cultivos; además, el combate de malezas y el crecimiento de las mismas es una de las principales limitantes sobre el área total cultivada por un pequeño productor (Inns, 1985).

La literatura indica que la tarea de preparación de la tierra es la más ardua (Matthews, 1985, citado por Rogan, A. y O'Neill, D. 1993); mientras que el combate de malezas está considerado como una tarea pesada y difícil (Inns, 1985).

El proyecto LADERAS I, impulsado por la Overseas Development Administration of the United Kingdom Government (ODA) y el S.R.I. en varios países centroamericanos sostiene que el combate cultural de malezas es la actividad que más tiempo consume y algunos productores la describen como la más difícil de realizar. Dicha problemática incrementa la necesidad de aplicar principios de biología humana e ingeniería en el diseño de las herramientas agrícolas. Un ejemplo claro de esto es que no existe evidencia específica sobre el diseño de herramientas que cubran la necesidad de tener que trabajar sobre terrenos con pendiente y de mala calidad. El trabajar en laderas está altamente relacionado con la posición de trabajo que adquiere el usuario, (O'Neill, D. 1994). Además, el tipo de suelo en laderas tiende a ser más pedregoso a causa de la pérdida del mismo y la poca profundidad debido a la erosión.

El sistema de producción juega un papel importante sobre la eficiencia en el combate de malezas. Se ha observado que la producción de cultivos mixtos, al igual que la rotación de cultivos, reducen en cierto grado la presencia de malezas en el campo. Otro factor

importante es el tiempo, refiriéndose a la puntualidad, que es determinante para lograr un combate eficaz de las malezas (Inns, 1985).

Nag y Datt (1979) afirman que, del total del tiempo utilizado en las prácticas culturales en un ciclo de producción, el combate de malezas representa un 15%; tanto en las zonas irrigadas como en las no irrigadas (Citados por Rogan y O'Neill, D. 1993).

El gasto de energía usada en el combate de malezas para un ciclo de cultivo corresponde al 20% del total (Gite y Yadav, 1990).

El combate de malezas se puede hacer a mano o con la ayuda de herramientas. El método es determinado por factores como: los ingresos del productor, el sistema de producción, el tipo de suelo y las prácticas culturales tradicionales. Los ingresos y las prácticas tradicionales de producción van a marcar con mayor énfasis la herramienta específica que se usará en el combate de malezas (Rogan, A. y O'Neill, D. 1991).

Las prácticas tradicionales de producción son uno de los mayores determinantes en el método escogido por los productores para combatir las malezas. Nag y Datt (1979) sostienen que, a pesar de la disponibilidad de herramientas variadas para el combate de malezas, no se adoptan debido a la barrera que representan los métodos tradicionales.

Dependiendo del tipo de malezas, el combate se puede hacer de dos formas: removiendo la maleza de la superficie del suelo o arrancando toda la planta desde la raíz. Existe una relación estrecha entre la forma que se adopte para combatir las malezas y la postura de trabajo, que se refleja en la magnitud del esfuerzo realizado por el usuario (Rogan, A. y O'Neill, D. 1993).

### 2.3. PRINCIPIOS BASICOS DE ERGONOMIA

La Real Academia de la Lengua Española define el término ergonomía como la ciencia que estudia la capacidad de adaptación entre el hombre y la máquina.

Manuaba (s.f.) sostiene que la ergonomía se mide en términos de eficiencia y bienestar del usuario, a través de la aplicación de las ciencias biológicas humanas y las ciencias de la ingeniería. La eficiencia indica la razón existente entre el esfuerzo útil medible externamente y el consumo de energía necesario para producirlo. Además, indica que las nuevas herramientas deben tener las siguientes características: ergonómicamente aceptables, económicamente eficientes, socialmente relevantes y técnicamente factibles.

Con respecto al componente ergonómico, indica que una inadecuada construcción de las herramientas, mal diseño y desgaste de los cabos se traducen en la adopción de posturas anormales que disminuyen la eficiencia del trabajo e incluso pueden afectar la salud.

El esfuerzo fisiológico del usuario se calcula por medio de la medición del consumo de oxígeno por unidad de tiempo durante la ejecución de la tarea. En la práctica conseguir tales datos es una limitante, debido a la necesidad de equipo especial y personal capacitado. La solución radica en medir la frecuencia cardíaca que está altamente correlacionada con la carga de trabajo. Existen varios métodos en los que el pulso se usa como medida de la carga de trabajo:

Tres pulsos de recuperación: Consiste en el conteo del pulso durante los últimos treinta segundos del primero, segundo y tercer minutos después de haber terminado la tarea. Los tres datos graficados con base en el tiempo ilustran la curva de recuperación. Mientras mayor sea la pendiente de la curva, menor es la carga de trabajo. Otra forma de analizar los datos es sumando los valores de los tres pulsos. Mientras menor sea la suma, menor es la carga de trabajo realizada.

Frecuencia cardíaca de trabajo: Se define como la diferencia de la frecuencia cardíaca entre el inicio y el término de la tarea. El conteo de la frecuencia cardíaca al término de la tarea se realiza con el método de 10 pulsos, que consiste en tomar el tiempo de 10 pulsaciones del corazón. Al inicio de la actividad la frecuencia cardíaca se obtiene como el promedio de tres mediciones de un minuto cada una. Mientras menor sea la diferencia entre el inicio y el término de la actividad, menor es el esfuerzo realizado. Existen otros indicadores de la magnitud del esfuerzo realizado como son: variación de la temperatura corporal y pérdida de peso.

Un exceso de horas de trabajo provoca fatiga y es menos productivo y antieconómico. Mejorar el rendimiento de trabajo se logra perfeccionando la organización, las condiciones de trabajo y el diseño de las herramientas. Con respecto al tiempo de descanso, se recomienda organizarlo de tal manera que el agricultor no alcance el nivel de fatiga.

La ayuda potencial que brinda la ergonomía en el diseño de herramientas, contribuye a incrementar la productividad de los agricultores. Otra contribución potencial es reducir el esfuerzo realizado por el usuario, proveer información más específica sobre el diseño adecuado a los fabricantes y ayudar a la protección del ambiente; ya que disminuye el uso de herbicidas y mejora la conservación de suelos como efecto del incremento en la eficiencia de trabajo (O'Neill, 1994).

## 2.4. FACTORES QUE AFECTAN EL DISEÑO DE HERRAMIENTAS

Las principales características del diseño de un azadón son: tamaño y condición de la cuchilla, peso, el largo del cabo, el filo o capacidad de corte y el ángulo entre la cuchilla y el cabo (Nag y Pradhan, 1992).

A pesar de que se sabe muy poco sobre el efecto de los factores ergonómicos como limitante de las operaciones manuales de producción en los países en desarrollo, está bien documentado que el diseño ergonómicamente apropiado de herramientas reduce el costo fisiológico en que incurre el usuario como se indica a continuación.

Las operaciones manuales son un esfuerzo físico que demandan posturas difíciles y requieren de mucha energía, por lo que se las considera como fuentes de trabajo pesado. (Rogan y O'Neill, 1991).

En un estudio realizado en la India (Nag y Pradhan, 1992) se evaluó el esfuerzo fisiológico y la velocidad del trabajo. Usaron dos diseños de azadón comunes en tierras de clima seco en el oeste de la India, cuyos ángulos entre el cabo y la cuchilla son  $67^\circ$  y  $87^\circ$ , una longitud de cuchilla de 24.4 cm y 26.5 cm, un ancho de cuchilla de 23 cm y 23.7 cm y un largo del cabo de 68.5 cm y 73.5 cm, azadones A y B respectivamente. Las variaciones en las dimensiones de las herramientas se deben a las modificaciones que los herreros hacen de acuerdo con las necesidades de los agricultores.

La tarea que realizaron fue la de excavar un área de terreno cubierta con grama en dos formas de trabajo diferentes. Una de ellas denominada "high lift hoeing" (HL) que consiste en levantar la herramienta por sobre la cabeza y arremeterla contra el suelo con un simultáneo movimiento hacia abajo de la espalda. La otra posición de trabajo consiste en mantener la espalda doblada y trabajar sin subir los brazos por sobre los hombros; a esta forma de trabajo se la denomina "low lift hoeing" (LL). La primera forma de trabajo voltea el suelo, mientras que la segunda solo raspa la superficie.

Se evaluaron cuatro diferentes ritmos de trabajo para cada posición, siendo 41, 51, 61 y 71 golpes/min para la posición LL y 21, 26, 31, 36 golpes/min para la posición HL. La frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno se tomaron al inicio del descanso e inmediatamente al terminar la tarea.

La capacidad de trabajo se midió a través del volumen de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) que una persona puede tomar y los datos que se obtuvieron dieron en promedio una cantidad de 2.13 l/min. El consumo de oxígeno se expresó como un porcentaje del  $VO_{2max}$  que la persona puede tomar. Está establecido que un trabajo moderadamente pesado se refleja de un 26 a 50% de  $VO_{2max}$ . Los valores entre 51 a 75% reflejan trabajo pesado y arriba de 75% se consideran trabajos extremadamente pesados.

Se demuestra que para la posición HL existe una demanda de energía más alta. Además se puede apreciar que el azadón A es más eficiente en la posición LL, mientras que el azadón B es mejor en la posición HL.

Los resultados que se obtuvieron indican que la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno tienden a aumentar conforme aumenta la velocidad de trabajo para las dos posiciones y los dos azadones. Se considera que la frecuencia cardíaca obtenida fue alta ya que alcanzó valores que oscilaban entre 160 a 180 latidos/min para los dos azadones, las dos posiciones de trabajo y todas las velocidades de trabajo. El consumo de oxígeno varió entre 71 y 89% de  $VO_{2max}$  por lo que se clasifica al trabajo entre pesado y extremadamente pesado.

En conclusión, Nag y Pradhan, 1992 clasifican al trabajo con el azadón como muy pesado. La comparación entre las dos posiciones determina que la posición HL demanda más energía que la posición LL y se recomienda usarla siempre que sea posible. Debido a que la duración de la tarea es larga, se recomienda mantener un nivel de actividad moderado que no exceda el 50%  $VO_{2max}$ . Tomando en cuenta que existe una reserva de oxígeno en el cuerpo y que debe ser mantenida para no causar fatiga se recomienda realizar intervalos de trabajo de 10 min y 7 min de descanso para optimizar la superficie de terreno trabajada, que se estima es de 400 m<sup>2</sup> por día. Con respecto a la forma de la cuchilla, esta puede ser triangular, rectangular o trapezoidal dependiendo de la preferencia del usuario. La capacidad de corte o filo de la cuchilla depende de la actividad a realizar, ya sea combate de malezas, formar camas o cortar.

El ángulo entre la cuchilla y el cabo es el factor más importante en el diseño eficiente de una herramienta, por lo que se recomienda que sea de 68°. Debido a esto se observó que el azadón A es más eficiente para la posición LL en comparación con el azadón B.

La velocidad de trabajo más eficiente es de 53 y 21 golpes/min para las posiciones HL y LL respectivamente. Las características de un azadón deben ser: peso de 2 kg ángulo cabo-cuchilla de 65° a 70°, largo de cuchilla de 25 a 30 cm, ancho de cuchilla de 22 a 24 cm, largo del cabo de 75 cm y un diámetro de cabo de 3 a 4 cm.

Otro estudio realizado en el mismo país (Sen Gupta et al, 1974) evaluó seis diseños de azadones (denominado *Phaora* en la India). Los objetivos del experimento fueron determinar las características del diseño más adecuadas para realizar la tarea, evaluar fisiológicamente la herramienta y evaluar de manera subjetiva la aceptabilidad de los diseños por parte de los usuarios. Los diseños usados en el experimento son variados y se describen en el cuadro 1.

La tarea se realizó durante las mañanas después de un desayuno ligero y un descanso de una hora. Se tomaron datos de consumo de oxígeno, volumen pulmonar por minuto y frecuencia cardíaca; antes de empezar el trabajo. La actividad consistió en cavar una trinchera con las siguientes dimensiones: 1,8 m de largo, 0,6 m de ancho y 0,5 m de profundidad. Se dividió la tarea en turnos de 8 min de trabajo y 2 min de descanso hasta

terminar la trinchera con las dimensiones indicadas. Durante la realización del trabajo se tomó datos del consumo de oxígeno con ayuda de un respirómetro. La frecuencia cardíaca se tomó en los periodos de descanso a través del método de palpación.

Los resultados que se obtuvieron indican que el tiempo de trabajo fue menor para el diseño B y mayor para el diseño D. En forma descendente de acuerdo a la evaluación fisiológica de los diseños, se pueden ordenar de la siguiente manera: A,C,B,F,D y E.

El análisis estadístico de los datos determinó que la respuesta fisiológica y el tiempo de trabajo no son significativamente diferentes entre los azadones A, B y C, pero fueron significativamente superiores para los diseños D y E. El diseño F no presentó diferencia significativa con respecto a los diseños B y C.

La aceptabilidad fue evaluada a través de un cuestionario en el que se indicaron que los diseños A, B y C son mejores que el D, E y F, concordando con los resultados de la evaluación fisiológica.

Cuadro 1. Dimensiones de los azadones evaluados por Sen Gupta en la India (1974)

No	Características	A	B	C	D	E	F
1	Longitud de la cuchilla (mm)	323-332	340-345	371-376	283-284	316-318	350-360
2	Espesor de la cuchilla (mm)	2.5-3.0	2.4-3.2	2.5-3.0	3.0-3.5	3.0-3.5	2.6-3.2
3	Ancho de la cuchilla (mm)	153-155	185-188	153-158	195	205-206	196-209
4	Peso de la cuchilla (kg)	2.0-2.1	2.1-2.3	2.6-2.7	1.4-1.5	1.6-1.8	2.4-2.5
5	Longitud del cabo (mm)	760-800	750-780	760-800	750-760	760-800	750-800
6	Peso del cabo (mm)	0.7	0.6-0.7	0.7	0.6	0.65	0.75
7	Angulo cabo-cuchilla	67°-69°	60°-64°	65°-69°	87°-88°	80°-81°	57°-62°

Fuente: Sen Gupta, 1974.

La postura de trabajo influye sobre la duración del periodo efectivo de trabajo continuo que es posible realizar por una persona. Esto se refleja a través de la comodidad o incomodidad que sufre el usuario durante la actividad que realiza.

Determinantes de la postura de trabajo son la pendiente del terreno, el tipo de suelo y la longitud del cabo o mango de la herramienta (Nag y Datt, 1979; citados por: Rogan y O'Neill, 1991).

Nwaba y Kaul (1986), realizaron un estudio en que se determinaron las diferencias del esfuerzo fisiológico (midiendo la frecuencia cardíaca) que el usuario realiza al mantener el tronco flexionado (*bending posture*) y mantener el tronco en posición vertical. La diferencia en las posiciones de trabajo se debe exclusivamente a la longitud del cabo de la herramienta; para el caso se comparó el azadón común (0,57 m de longitud de cabo) y uno modificado (1,50 m de longitud de cabo). Ambos azadones coincidieron en las dimensiones de ángulo cabo-cuchilla que fue de  $76^\circ$  y la forma de la cuchilla que fue triangular.

Los resultados que se obtuvieron demuestran que el azadón de cabo corto demanda un 64 % más de energía en términos de cantidad de suelo removido que el azadón de cabo largo.

En una posición erecta los músculos abdominales y espinales están relajados y el esfuerzo es mínimo. Cuando hay una flexión de la mitad superior del cuerpo; el peso de la cabeza, brazos y tronco cambian el centro gravitacional del cuerpo. Esto produce que los músculos espinales se esfuerzen para mantener el balance del cuerpo con respecto a la fuerza de gravedad y causan dolores agudos en la porción inferior de la espalda mientras se realiza actividades con el azadón. Usando el azadón de cabo corto el ángulo del tronco con respecto al plano vertical es de  $95^\circ$  a  $110^\circ$ ; mientras que con el azadón de cabo largo, el ángulo oscila entre  $0^\circ$  y  $5^\circ$ .

En conclusión, se afirma que la posición de trabajo con el tronco flexionado demanda más energía. Esto se debe al esfuerzo que los músculos espinales deben realizar para mantener el balance del cuerpo. Una ventaja adicional del azadón de cabo largo, además de disminuir el consumo de energía y la flexión del tronco, es la de hacer más eficiente el esfuerzo realizado (7,7 vs 4,7 KJ/min respectivamente). Cabe mencionar que el límite de energía disponible continuamente es de 4,5 KJ/min.

### III. MATERIALES Y METODOS

Este estudio, de naturaleza experimental, consistió en evaluar las características del diseño de un azadón ergonómico. Para ello se evaluaron el ancho de la cuchilla y el ángulo entre el cabo y la cuchilla. De cada característica se tomaron dos magnitudes y se construyeron 4 azadones. Un requisito del experimento fue probar los diseños en el combate de malezas sobre tres pendientes diferentes y en dos fases: antes de la siembra y a los treinta días después de la siembra de maíz.

La evaluación se realizó midiendo la frecuencia cardíaca del usuario con ayuda de un monitor de frecuencia (BHL-6000); además, se midió el área que el usuario fue capaz de trabajar durante un período de tiempo determinado.

A continuación se detallan la localización, las herramientas y los instrumentos utilizados en el ensayo.

#### 3.1. LOCALIZACION Y DURACION

El estudio se llevó a cabo en dos lugares diferentes que se describen a continuación:

1. La Sección de Conservación de Suelos y en un lote de producción denominados como la Vega 6, ambos pertenecientes al Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana. La E.A.P. se encuentra a 32 Km. al sudeste de Tegucigalpa; a una altitud de 800 msnm.; con una precipitación promedio anual de 1105 mm y una temperatura promedio de 24°C.
2. La parcela de Don Héctor Colindres, ubicada en Lavanderos, una comunidad que se encuentra en el municipio de Guinope, Departamento de El Paraíso. La comunidad está ubicada a una altura aproximada de 1350 msnm, con una temperatura que oscila entre 12-18°C y una precipitación anual superior a los 1200mm.

Estas dos localidades se dividieron en tres sitios diferentes, por requerimientos de pendiente del experimento, que más adelante se detallan.

El experimento se dividió en dos fases, debido a que se identificaron dos períodos de mayor actividad en el combate de malezas.

- Fase 1: Se inició antes de la siembra el día 18 de abril de 1996 y tuvo una duración de veinte días.
- Fase 2: Se inició a los treinta días después de la siembra de maíz según cada estación y duró el mismo período que la fase anterior.

### 3.2. PENDIENTE DEL TERRENO

Se trabajó sobre tres pendientes, las que concentran la mayor proporción de pequeños productores que cultivan sobre laderas y una pendiente bastante baja para hacer la comparación respectiva:

- Pendiente 1: 15 a 20 grados  $\Rightarrow$  Conservación de Suelos
- Pendiente 2: 25 a 30 grados  $\Rightarrow$  Lavaderos
- Pendiente 3: 0 a 5 grados  $\Rightarrow$  Lote de producción E.A.P.

El objetivo de las tres pendientes fue averiguar si el esfuerzo que realiza el usuario con las herramientas está sujeto al grado de pendiente donde trabaja.

### 3.3. EQUIPO Y HERRAMIENTAS

El equipo y las herramientas principales que se usaron en el experimento se detallan en esta sección.

#### 3.3.1. Azadones

Los azadones que se utilizaron en el experimento se escogieron con apoyo de la literatura disponible y una entrevista realizada a los productores de las comunidades de La Joya y Lavaderos y en el mercado de Tegucigalpa (Anexo 1). Los azadones se fabricaron en la Sección de Ingeniería Agrícola de la E.A.P.

Los productores modifican las herramientas según sus condiciones por medio de los herreros que trabajan en la zona. En el Cuadro 2 se describen las características de los

diferentes diseños de los azadones utilizados en el experimento y en el Anexo 2 se presenta un diagrama de los mismos.

Cuadro 2. Diseños de los azadones que se utilizaron en el estudio.

	A1	A2	A3	A4	A5
• Ancho de cuchilla (cm)	25	20	20	25	21.2
• Angulo cabo-cuchilla (°)	67	75	67	75	80
• Largo del cabo (cm)	111	111	111	111	111
• Longitud de la cuchilla (cm)	17	17	17	17	18.5
• Espesor de la cuchilla (mm)	3.4	3.4	3.4	3.4	2.9

A: abreviatura de azadón

### 3.3.2. Monitor de frecuencia cardíaca (BLL-6000)

Este instrumento es un dispositivo que se fija sobre el pecho del usuario y que graba la frecuencia cardíaca (Figura 1). La programación utilizada (consultar manual del instrumento) para el ensayo fue:

- 8P ⇒ Mide el tiempo acumulado de ocho latidos.
- "Pacer off" ⇒ "Pacer" es una modalidad que se usa con otro tipo de "software", por eso está apagado.
- "Sound off" ⇒ No permite que funcionen las alarmas cuando los latidos alcanzan su valor máximo y mínimo, de acuerdo con los límites que se hayan fijado previamente. Esta función se dejó desconectada para no distraer a los trabajadores al momento de realizar la tarea.
- "Add yes" ⇒ Para acumular datos en la memoria hasta un máximo de diez.

Los datos obtenidos se pueden observar en una computadora con la ayuda de un programa denominado "REPORT" (Figura 2). En la pantalla existe una alternativa ("FILTER") que permite eliminar señales malas; debido a suciedad en la banda o una incorrecta posición de la misma en el pecho del usuario. De la pantalla de una computadora se pueden obtener los datos de la frecuencia cardíaca, previamente fijado el tiempo requerido.

### 3.4. AREA TRABAJADA

Con la ayuda de una cinta métrica y un cronómetro se realizaron mediciones del área que cada trabajador fue capaz de trabajar en un período determinado. Las mediciones se hicieron delimitando visualmente el espacio de terreno que el trabajador cubría. Para ello se dividió el terreno en parcelas, cuyo tamaño permitió tomar los datos de frecuencia cardíaca durante treinta minutos.

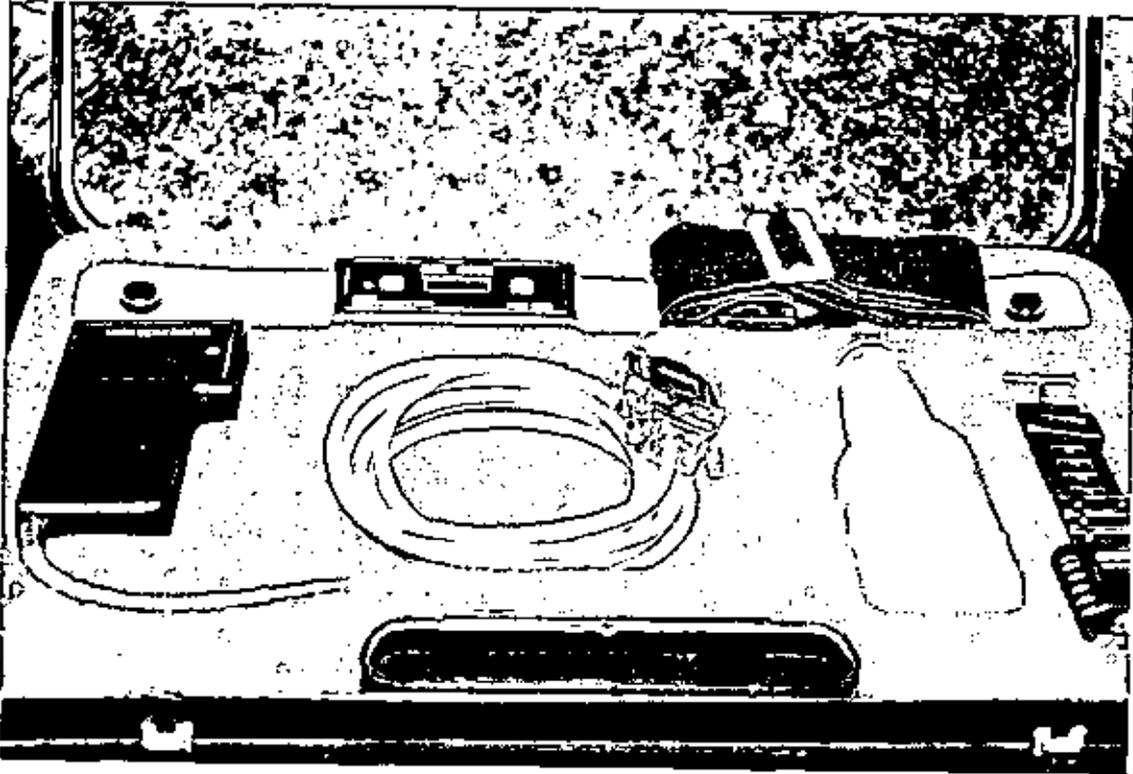


Fig. 1. Monitor de frecuencia cardíaca (BHL-6000)

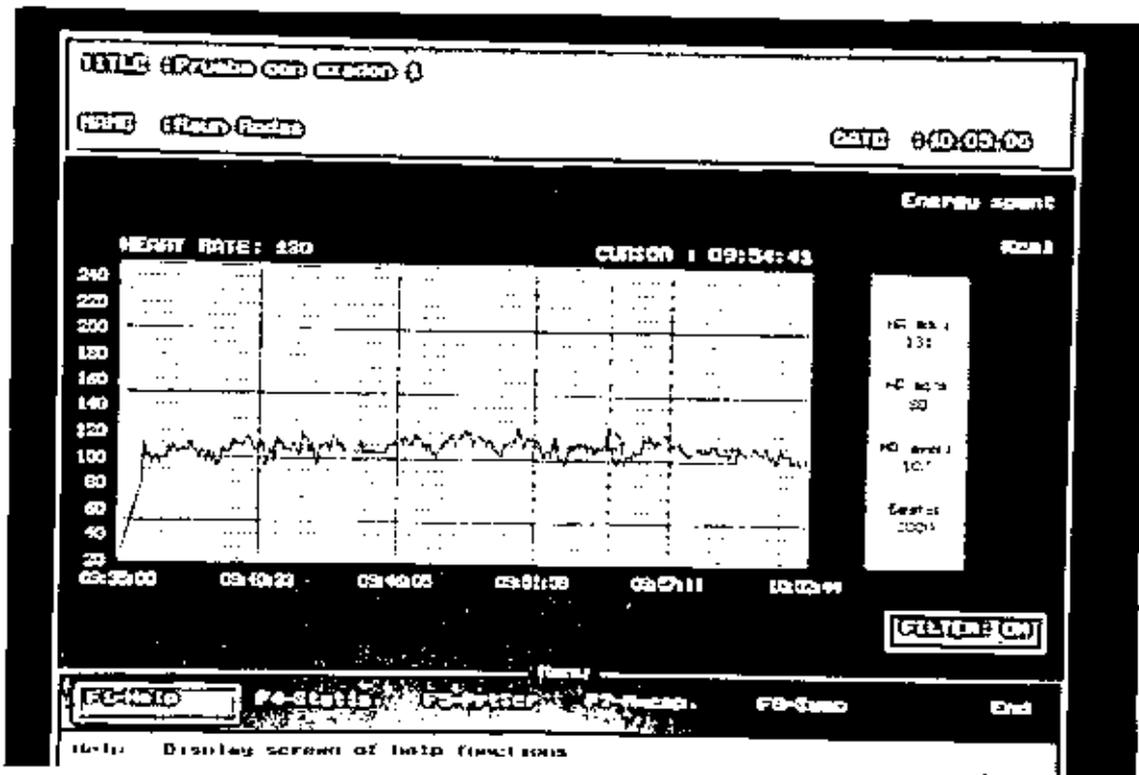


Fig. 2. Hoja de salida del programa "REPORT"

### 3.5. CONDICIONES DEL EXPERIMENTO

Aquí se explican las condiciones que se tomaron en cuenta para la realización del experimento.

#### 3.5.1. Tipo de tarea

Se trabajó solamente con el combate cultural de malezas; por que se considera como la actividad que más tiempo y esfuerzo demanda en el ciclo de producción de un cultivo para pequeños productores de laderas.

#### 3.5.2. Duración de la tarea

Se estableció que la tarea debe durar como mínimo veinte minutos, para poder expresar el esfuerzo realizado por el usuario de la herramienta (O'Neill, D. 1994). Además, se

estableció un período de descanso de treinta minutos entre cada observación; para no alcanzar la fatiga y no alterar los datos que se hayan tomado. El objetivo es medir la frecuencia cardíaca debida solamente al diseño que se está utilizando en el momento.

### 3.5.3. Cultivo

Se seleccionó el cultivo de maíz por que es el que se siembra en la época de "primera" que abarca los meses de mayo hasta mediados de julio. La siembra y los cuidados del cultivo se hicieron siguiendo el patrón que utilizan los campesinos de laderas. Se utilizaron variedades mejoradas locales.

### 3.5.4. Trabajadores

Se contrataron dos trabajadores al azar para todo el estudio cuya característica principal es tener amplia experiencia en el manejo del azadón y estar en una condición física saludable.

### 3.5.5. Malezas

Se anotaron las especies de malezas presentes en los tres sitios para hacer las comparaciones respectivas.

### 3.5.6. Pedregosidad del suelo

El grado de pedregosidad del suelo se determinó por simple observación en las diferentes estaciones. Se trató de mantener este componente lo más parecido posible entre las tres estaciones para que no influyera en los datos tomados.

### 3.6. TRATAMIENTOS

El experimento buscó determinar el diseño de azadón ergonómicamente más apropiado en función de la energía consumida durante el combate de malezas. Se evaluaron cinco diseños, tomando como únicas variables; el ancho de la cuchilla y el ángulo entre el cabo y la cuchilla. Se tomaron dos magnitudes diferentes para cada variable; dos ángulos cabo-cuchilla ( $67^\circ$  y  $75^\circ$ ) y dos medidas de ancho de cuchilla (20 y 25 cm) y se comparó con el diseño que se encuentra comúnmente en el mercado (A5) y que los productores más utilizan. Los cinco diseños se evaluaron en tres diferentes pendientes para determinar el efecto de esta sobre el usuario, a través de las mediciones de la frecuencia cardíaca, número de latidos totales y el área trabajada.

### 3.7. DISEÑO Y ANALISIS ESTADISTICO

El diseño experimental de este estudio es un arreglo factorial de  $5 \times 3$ . Se evaluaron cinco azadones y tres pendientes. Se realizaron tres repeticiones para cada rango de pendiente con ayuda de dos trabajadores. En el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS "Statistical Analysis System", con el que se realizó un análisis de varianza y una separación de medias de la frecuencia cardíaca, el número de latidos totales y el área trabajada cual diseño de azadón es el más apropiado.

### 3.8. METODOLOGIA

Esta sección pretende dar a conocer el procedimiento utilizado en las dos fases de este experimento.

Cabe mencionar que se tomó en cuenta las opiniones de los trabajadores que participaron en el experimento con la ayuda de un cuestionario que respondieron al final de cada fase del experimento (Anexo 3).

#### 3.8.1. Fase 1 del experimento

El ensayo se dividió en tres sitios y su orden concuerda con la numeración de las pendientes proporcionadas anteriormente.

Sitio 1: Se encuentra ubicada en la sección de Conservación de suelos de la E.A.P.. Inicialmente se determinó el tamaño de la parcela para delimitar el área de trabajo que se requiere para cumplir con los 20 minutos de tiempo mínimo efectivo y facilitar la toma de datos. El tamaño de la parcela se determinó a través de una prueba realizada previamente, en la que los trabajadores utilizaban un azadón escogido al azar y con el monitor de frecuencia conectado al pecho para que se adapten a las condiciones de trabajo. Las dimensiones adecuadas para las parcelas del sitio 1 fueron de: 8 metros de largo por 7 metros de ancho, es decir 56 m<sup>2</sup>. El número total de parcelas fue de 30, las cuales se marcaron en el terreno con sogas y estacas.

Se intercaló a los trabajadores de manera que uno de ellos reposaba, mientras el otro completaba la tarea de deshierbar la parcela con el diseño de azadón asignado al azar (Cuadro 3). Únicamente se completaron tres parcelas por día para cada trabajador para evitar expresiones de fatiga en los datos tomados.

Se empezaban a tomar los datos con ayuda del monitor de frecuencia a las 07:30 AM, dejando un período de treinta minutos de reposo. A los veinte minutos de comenzada la tarea se tomaron las dimensiones del área trabajada con ayuda de una cinta métrica. Una vez terminada la toma de datos, se prosiguió a carrilear el material para limpiar el terreno y poder realizar la siembra cuando empezaran la lluvias. Además, se marcaron las parcelas que se necesitaron para la siguiente toma de datos al siguiente día.

Cuadro 3. Rotación de los trabajadores durante una jornada de trabajo con los azadones evaluados en Zamorano, 1996.

Fecha: _____ Hora de inicio:	Trabajador 1:	Trabajador 2:
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXX : Período de descanso (duración de 30min)

□ : Período de trabajo (duración de 30min)

Durante la toma de datos en las dos fases del ensayo, los trabajadores tenían libre acceso a agua fresca. No ingirieron ningún alimento, dulce y/o bebida alcohólica, ni se les permitió que fumaran, debido a que influyen directamente sobre el ritmo cardíaco normal de un individuo y alteran el efecto del diseño sobre el usuario.

Los datos del monitor de frecuencia cardíaca se pasaron a través de un interfaz a la computadora, con la ayuda del programa "REPORT". El programa tiene la ventaja de que muestra la curva de frecuencia cardíaca con base en el tiempo. El tiempo de todas las observaciones se fijó a 25 minutos y se tomaron datos de los latidos por minuto y el número de latidos totales. Estos se tabularon junto con los datos del área trabajada para su posterior análisis.

Sitio 2: Se encuentra ubicada en las parcelas de producción de Don Héctor Colindres. En esta estación también se delimitó previamente el tamaño de la parcela. Las dimensiones finales fueron: 7 m de largo por 5 m de ancho, es decir  $35 \text{ m}^2$ , para alcanzar un tiempo mínimo de 25 min. La diferencia en el tamaño de las parcelas se debe a la población de malezas presentes en el terreno.

El trabajo se empezaba, generalmente a las 08:00 AM.; debido a la distancia que separa el sitio de la E.A.P. Se siguió el mismo procedimiento que en el sitio anterior. Se colocó el monitor en el pecho de un trabajador y se grabaron los datos de frecuencia cardíaca, mientras el otro trabajador descansaba durante un período de 30 minutos. A los 20 minutos se midió el área de trabajo. Terminada la toma de datos se prosiguió a agrupar el material cortado con el azadón en hileras con sentido contrario a la pendiente; luego se marcaron las 6 parcelas que se trabajarían al siguiente día.

La tabulación de los datos se realizó con la ayuda del programa que viene adjunto al monitor. Como ya se mencionó, la duración del ensayo en cada estación fue de 5 días.

Se observó la velocidad de trabajo de ambos usuarios y fue en promedio igual para todos los diseños. La velocidad de trabajo varió entre 59 y 61 golpes por minuto ("strokes/minute").

Sitio 3: Se ubicó en la Vega 6 en terrenos de la Sección de Producción del Departamento de Agronomía de la E.A.P. Al igual que en las estaciones anteriores se determinó el tamaño de las parcelas. Las dimensiones que se obtuvieron fueron iguales a las del sitio 1 ( $56 \text{ m}^2$ ).

Se repitió el procedimiento en la toma de datos y las demás actividades realizadas en el campo tal como se describieron en los sitios anteriores.

Al concluir la toma de datos en todas las estaciones de la fase 1, se prosiguió a realizar el análisis estadístico de los mismos con la ayuda del paquete estadístico S.A.S.

### 3.8.2. Fase 2 del experimento

Esta fase comenzó el 17 de julio del presente año, cuando el maíz tenía aproximadamente treinta días de edad.

El ensayo se dividió en los tres sitios antes mencionados, pero ya no se hicieron parcelas sino que se trabajó en el sentido de las hileras del cultivo. Se evaluaron cinco azadones por día acortando la duración del ensayo. Tres azadones se evaluaron en la mañana y dos en la tarde, después de que los trabajadores hayan descansado 2.5 horas. El proceso en la toma de datos fue el mismo que para la Fase 1. La frecuencia cardíaca y el número de latidos se midieron con el monitor y el área trabajada durante veinte minutos, con la cinta métrica.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

El anexo 4 (a y b) muestra los resultados de la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada obtenidos en las dos fases del ensayo. Los datos de frecuencia cardíaca van desde 86 a 150 latidos por minuto e indican que el esfuerzo realizado es moderadamente pesado de acuerdo con los datos obtenidos por Nag y Pradhan (1980).

El Cuadro 4 presenta un resumen de los análisis de varianza para las tres variables evaluadas. El modelo utilizado es altamente significativo ( $Pr > 0.0001$ ) y explica satisfactoriamente la variabilidad expresada para la frecuencia cardíaca y número de latidos, mas no lo hace para el área trabajada. Esto indica que aparentemente la variabilidad en el área es afectada por otros factores que influyen en la facilidad de laboreo del suelo. Estos factores pueden ser: la humedad del suelo, las características físicas del suelo, la temperatura y la humedad ambiental. La conducción del ensayo es satisfactoria para todas las variables menos para el área, posiblemente debido a la mismas razones anteriores.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada.

FUENTES DE VARIACION	GL	Frecuencia Pr>F	Latidos Pr>F	Area Pr>F
Modelo	26	0.0001	0.0001	0.0001
Fases	1	0.1305	0.0266	0.0679
Pendiente	2	0.0001	0.0001	0.0001
Azadones	4	0.4617	0.3410	0.9496
Trabajadores	1	0.0001	0.0001	0.2558
Pendiente * Azadón	8	0.6053	0.7754	0.8096
Pendiente * Trabajador	2	0.4939	0.5871	0.8827
Azadón * Trabajador	4	0.3102	0.1937	0.5550
C.V.		6.20	6.34	35.8
R <sup>2</sup>		85 %	84 %	57 %

\* Interacción

La partición de la variabilidad total expresada por el modelo en frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada se debió mayormente a las diferencias encontradas en las fases, las pendientes y los trabajadores.

La etapa del cultivo o fase en la que se realiza el combate de malezas con azadón influye significativamente sobre el esfuerzo (frecuencia cardíaca y número de latidos) y la eficiencia de trabajo ( $Pr=0.13$ ,  $0.03$ ,  $0.07$ , respectivamente). Estas diferencias se deben a factores como: la humedad del suelo, la temperatura ambiental y la variación de la población de malezas en diferentes épocas. La inclinación del terreno afecta también de manera significativa ( $Pr=0.0001$ ) la magnitud del esfuerzo y la capacidad de trabajo; por las posturas que se adoptan, según lo documentado por Nwaba y Kaul (1986). Se observó en el campo, que en la primera fase se realizaba el trabajo en la dirección hacia arriba de la pendiente; permitiendo que el grado de flexión del tronco con respecto al plano vertical fuese menor que en la segunda fase; debido a la necesidad de seguir las hileras del cultivo que están en contra de la pendiente.

No fue posible detectar diferencias significativas entre los diferentes diseños de azadones evaluados, ni en ninguna de las interacciones incluidas en el modelo. Sin embargo, se notó una tendencia a encontrar diferencias a un nivel de probabilidad medio ( $Pr=0.46$ , y  $0.34$ ) para la frecuencia cardíaca y el número de latidos. La razón aparente es que la variabilidad debida a trabajadores es muy grande y oculta las posibles diferencias entre los diseños de azadón.

Con respecto al área trabajada, ésta no difiere significativamente ( $Pr=0.95$ ) entre los distintos azadones y puede ser por que la heterogeneidad de la densidad de malezas en el terreno es un factor que no permite detectar diferencias posiblemente existentes, además de las grandes diferencias observadas entre los trabajadores.

La separación de medias (Cuadro 5) que se realizó para las tres variables muestra que es necesario hacer un mayor esfuerzo en la Fase 1 (3076), en términos de número de latidos, si lo comparamos con la Fase 2 (2934). Posiblemente se debe a la densidad de malezas (Anexo 5) y a las condiciones climáticas que se presentaron en cada fase. En la Fase 1 la precipitación lluviosa fue menor y la temperatura mayor que en la Fase 2 (Anexo 6). Con respecto al área de trabajo no se encontró diferencia significativa al  $\alpha = 0.05$  entre las dos fases del experimento. Aparentemente debido a que la velocidad de trabajo se mantuvo en las dos fases y fue en promedio de 59-61 golpes/min; que se considera una velocidad óptima de trabajo según Nag y Pradhan (1992).

En el caso de la pendiente se aprecia claramente que es necesario hacer un mayor esfuerzo para combatir malezas en una pendiente que tiene 25 a 30 grados de inclinación (125) si lo comparamos con las pendientes 1 y 3 que son de menor grado (117 y 121, respectivamente). La causa principal de estas diferencias se encuentra en la posición de trabajo del usuario. La flexión del tronco hace que los músculos abdominales y de la espalda se pongan tensos para poder mantener el equilibrio del cuerpo; debido al cambio del centro gravitacional del mismo. Aparentemente la pendiente que tiene de 15 a 20

grados de inclinación provoca una menor tensión muscular y una posición de trabajo más adecuada que la pendiente 3 y 1. Esto se ve reflejado en la magnitud del esfuerzo fisiológico que realiza el trabajador como se puede observar en el Cuadro 5. Sin embargo, el área trabajada es significativamente mayor en la pendiente de 0-5 grados de inclinación que en las otras dos; siendo la pendiente de mayor inclinación la que menos área trabajada tuvo. Una posible explicación a esta respuesta es que la posición de trabajo en las pendientes más pronunciadas es menos constante que en una pendiente casi plana, es decir que el cambio constante en las posturas hacen que el tiempo real de trabajo se vea disminuido y por ende la eficiencia en el área trabajada sea menor.

Cuadro 5. Separación de medias para la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada.

	Frecuencia cardíaca	Número de latidos	Area trabajada
Fase 1	122.69 A	3076.40 A	46.67 A
Fase 2	118.50 A	2933.81 B	32.81 A
Promedio	120.59	3005.10	39.74
Pendiente 1	116.87 C	2917.63 B	43.55 B
Pendiente 2	124.54 A	3119.40 A	26.50 C
Pendiente 3	120.78 B	2988.85 B	49.10 A
Promedio	120.73	3008.62	39.71
Azadón 1	118.67 A	2952.00 A	40.87 A
Azadón 2	121.21 A	3048.75 A	36.65 A
Azadón 3	121.74 A	3022.45 A	41.09 A
Azadón 4	121.43 A	3021.63 A	39.18 A
Azadón 5	120.39 A	2996.29 A	39.17 A
Promedio	120.68	3008.22	39.39

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 nivel de probabilidad

La separación de medias para azadones muestra que el esfuerzo que se realiza y el área trabajada en el combate de malcezas no es afectado por los diseños evaluados; debido a que las diferencias entre los diseños son afectadas por otros factores no evaluados o detectados en este experimento.

La encuesta realizada a los trabajadores, a pesar de contar con una buena estructura, no permite establecer tendencias en la aceptabilidad de un diseño en particular; posiblemente por el reducido tamaño de muestra de los trabajadores.

## V. CONCLUSIONES

La magnitud del esfuerzo depende de la pendiente del terreno.

Los azadones evaluados no presentan diferencias en el esfuerzo realizado ni en la capacidad de trabajo de una persona.

La capacidad de trabajo es una variable que depende de factores climáticos del sitio.

El tamaño de muestra de trabajadores utilizados no permitió determinar la aceptabilidad de un tipo en particular de azadón.

## VI. RECOMENDACIONES

Es recomendable evaluar simultáneamente factores ambientales como la humedad del suelo y temperatura ambiental que tienden a influir en el esfuerzo y la eficiencia de trabajo.

Trabajar con el incremento en la frecuencia cardíaca puede explicar más el efecto del azadón que hacerlo solo con la frecuencia cardíaca total.

Se recomienda aumentar el número de trabajadores que participen en estudios de este tipo.

La frecuencia cardíaca es un indicador del esfuerzo que debe ser complementada con otros indicadores como el volumen de oxígeno consumido.

## BIBLIOGRAFIA

1. CENTRAL INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING(CIAE), Bopal. 1987. Working Group meeting on agricultural handtools. September p. 1-12.
2. GITE, L. P.; YADAV, B. G. 1990. Optimum handle height for a push-pull type manually operated dryland weeder. *Ergonomics* 33(12): 1487-1494.
3. GUPTA, S. J.; JOSEPH, N. T.; SRINIVASULU, N. 1974. Ergonomic studies of a digging tool. *Ind. J. Physiol. Allied. Sci* 28(1): 20-28.
4. INNS, F. 1985. Intercultivation in Tools for agriculture: A buyer's guide to appropriate equipment. 3 ed, IT Publications in association with GTZ/GATE. p. 31-37.
5. MANUABA, A. s.f. Methodology for the Study of Agricultural Work Tool and Implements. Bali, Indonesia. p. 1-8.
6. NAG, P. K.; SEBASTIAN, N. C.; MALVANKAR, M. G. 1980. Occupational workload in Indian agricultural workers. *Ergonomics*, 23: 91-102.
7. NAG, P. K.; PRADHAN, C. K. 1992. Ergonomics in the hoeing operation, India. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 10: 341-350.
8. NWUBA, E. I. U.; KAUL, R. N., 1988. The effect on working posture on the nigerian hoe farmer. *J. Agric. Engng. Res.* 33: 179-185.
9. O'NEILL, D. 1994. Draft Concept Note for Ergonomics project. Notas mimeografiadas
10. PITT, A.; MUÑOZ, R. 1993. Guía Práctica para el manejo de malezas. Ed. coor. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. p. 3.
11. ROGAN, A.; O'NEILL, D. 1993. Ergonomics aspects of crop production in tropical developing countries: a literature review. *Applied Ergonomics*. UK. 24(6): 371-386.

Anexo 1. Entrevista realizada a productores de las comunidades de la Joya y Lavanderos

Objetivo: Determinar la opinión que tienen los productores de laderas acerca de los azadones

La escala a utilizar es la siguiente:

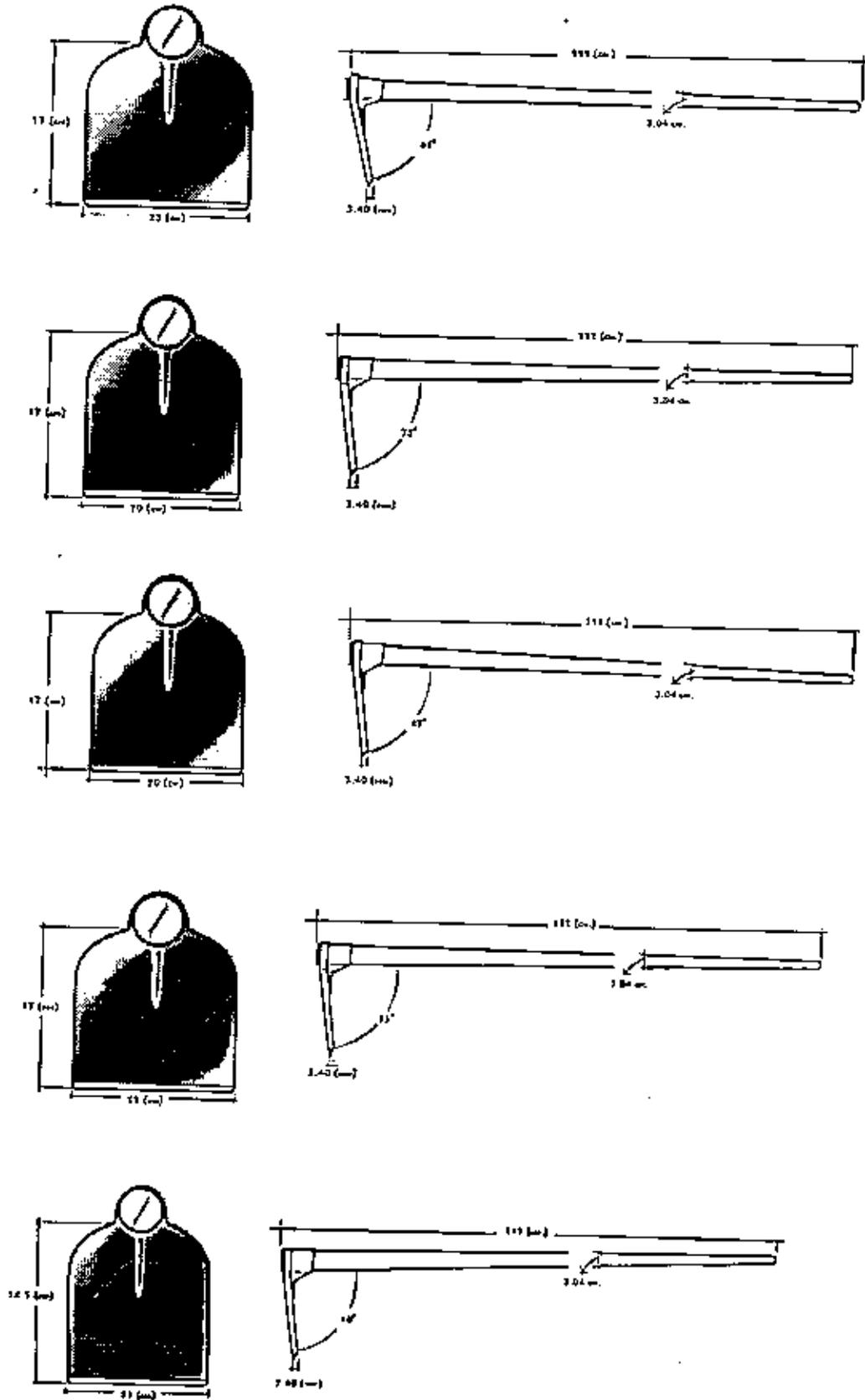
- 1 Mucho
- 2 Bastante
- 3 Poco
- 4 Nada

- |  |  |    |    |
|--|--|----|----|
| 1. Utiliza usted frecuentemente el azadón?       |  | SI | NO |
| 2. Es el azadón una herramienta útil para usted? |  | SI | NO |
| 3. Qué tarea realiza usted con el azadón:        |  |    |    |
| a) Limpiar o deshierbar                          |  |    |    |
| b) Preparar el terreno                           |  |    |    |
| c) Aporcar                                       |  |    |    |
| d) Otros _____                                   |  |    |    |

A usted le agrada trabajar con un azadón:

- |  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| 4. de cabo corto                         | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5. de cabo largo                         | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6. de hoja ancha                         | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7. de hoja angosta                       | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8. liviano                               | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9. pesado                                | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10. con mayor inclinación de la cuchilla | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11. con menor inclinación de la cuchilla | 1 | 2 | 3 | 4 |
12. ¿Después de una jornada de trabajo con el azadón usted se siente \_\_\_\_\_ cansado?      MUY      POCO
13. ¿Después de trabajar con el azadón, qué parte de su cuerpo le molesta más? \_\_\_\_\_
14. ¿Estaría dispuesto a utilizar un azadón diferente?      SI      NO
15. ¿Cuántos azadones tiene usted en su casa? \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Diagrama de los azadones usados en el estudio.



## Anexo 3. Cuestionario para los trabajadores

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. De los cinco azadones que utilizó, cuál le provocó mayor molestia y en que parte del cuerpo?

\_\_\_\_\_

2. Con que tipo de azadón sintió usted que se cansó más al trabajar en:

Pendiente 1.- Conservación de Suelos \_\_\_\_\_

Pendiente 2.- Lavaderos \_\_\_\_\_

Pendiente 3.- La Vega \_\_\_\_\_

3. Cuál azadón le pareció mejor para:

P1 \_\_\_\_\_

P2 \_\_\_\_\_

P3 \_\_\_\_\_

4. Enumere en orden de mayor a menor los azadones que usted más prefiere para trabajar

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

d) \_\_\_\_\_

e) \_\_\_\_\_

5. Con cuál azadón sintió usted que se cansó menos al trabajar en:

P1 \_\_\_\_\_

P2 \_\_\_\_\_

P3 \_\_\_\_\_

6. Cree usted que alguno de los diseños que usted probó es muy pesado?

SI \_\_\_\_\_, CUAL \_\_\_\_\_

7. Cómo mejoraría usted los diseños que usó para trabajar mejor?

\_\_\_\_\_

8. Con cuál azadón cree usted que avanza más terreno al trabajar?

\_\_\_\_\_

9. Con cuál azadón se le hizo más fácil el trabajo?

\_\_\_\_\_

Anexo 4a. Resultados de la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en la fase 1.

Pendiente 15°-20°									
Trabajador 1	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Azadón 1	104	100	101	2720	2576	2560	1,40	1,60	2,65
Azadón 2	112	104	110	2912	2768	2792	2,10	2,55	2,00
Azadón 3	101	117	111	2568	2944	2880	2,65	2,80	2,75
Azadón 4	94	99	97	2376	2528	2488	2,70	2,45	2,65
Azadón 5	112	105	102	2832	2648	2592	1,45	2,20	1,30
Trabajador 2									
Azadón 1	129	134	134	4512	3408	3376	1,05	1,40	2,50
Azadón 2	122	140	150	3120	3536	3776	2,90	1,80	2,50
Azadón 3	141	141	140	3544	3512	3520	2,05	2,00	1,65
Azadón 4	148	136	136	3728	3424	3432	1,90	2,30	1,75
Azadón 5	140	131	132	3520	3144	2520	1,85	1,60	2,45
Pendiente 25°-30°									
Trabajador 1	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Azadón 1	103	120	107	2648	2936	2720	1,20	1,35	1,45
Azadón 2	111	118	121	2800	3032	3080	1,25	1,25	1,40
Azadón 3	119	114	121	3008	2928	3064	1,50	1,40	1,30
Azadón 4	121	108	114	3032	2624	2872	1,35	0,80	1,15
Azadón 5	103	112	105	2680	2840	2656	1,10	1,55	1,20
Trabajador 2									
Azadón 1	112	151	140	3768	3784	3528	0,85	1,25	1,15
Azadón 2	146	151	145	3680	3808	3648	0,95	1,30	1,15
Azadón 3	138	86	144	3320	2224	3496	1,00	1,00	0,95
Azadón 4	144	142	149	3640	3592	3608	0,85	1,15	1,30
Azadón 5	142	138	147	3568	3472	4228	1,40	1,10	1,20
Pendiente 0°-5°									
Trabajador 1	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Azadón 1	97	99	105	2440	2488	2544	1,50	1,75	1,45
Azadón 2	101	98	104	2552	2376	2672	1,45	1,70	1,45
Azadón 3	101	100	104	2544	2416	2608	1,35	1,40	1,70
Azadón 4	102	96	110	2576	2416	2672	2,00	1,50	2,15
Azadón 5	103	103	110	2592	2584	2672	1,25	1,85	1,75
Trabajador 2									
Azadón 1	147	132	126	3408	3208	3096	1,65	1,65	1,45
Azadón 2	140	137	126	3528	3432	3184	1,35	1,20	1,45
Azadón 3	138	134	143	3472	3376	3560	1,70	1,40	1,70
Azadón 4	144	135	142	3636	3264	3632	1,45	1,15	2,15
Azadón 5	132	137	141	3328	3312	3400	1,40	1,65	1,75

Anexo 4b. Resultados de la frecuencia cardíaca, número de latidos y área trabajada en la fase 2

Pendiente 15°-20°									
	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Trabajador 1									
Azadón 1	100	113	93	2520	2656	2376	3.60	2.35	1.65
Azadón 2	87	98	105	2120	2464	2640	1.65	3.20	1.80
Azadón 3	94	96	114	2376	2448	2880	2.70	2.75	1.65
Azadón 4	100	110	92	2536	2664	2240	4.00	1.10	1.70
Azadón 5	95	91	105	2408	2216	2536	5.75	1.75	1.25
Trabajador 2									
Azadón 1	121	136	99	3048	3432	2472	4.00	1.95	1.30
Azadón 2	132	143	130		3472	3280	2.30	1.85	1.15
Azadón 3	130	152	123	3328	3248	2488	3.20	1.00	0.80
Azadón 4	122	139	116	3072	3208	2800	2.85	3.05	2.30
Azadón 5	132	137	161	3120	3448	3176	3.00	2.10	1.25
Pendiente 25°-30°									
	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Trabajador 1									
Azadón 1	117	104	101	2840	2608	2544	1.65	1.50	1.35
Azadón 2	94	102	101	2294	2584	2552	1.10	1.25	1.25
Azadón 3	116	104	109	2912	2608	2752	1.60	1.40	2.10
Azadón 4	105	122	98	2616	2952	2472	1.55	1.40	1.00
Azadón 5	100	104	100	2528	2616	2512	1.60	1.65	1.45
Trabajador 2									
Azadón 1	136	135	130	3416	3304	3200	1.40	1.35	1.25
Azadón 2	142	137	133	3568	3440	3264	1.35	1.50	1.25
Azadón 3	138	142	125	3280	3600	3176	1.10	1.85	1.75
Azadón 4	129	133	136	3256	3264	3472	1.50	1.00	1.25
Azadón 5	143	137	139	3664	3472	3584	1.35	1.55	1.35
Pendiente 0°-5°									
	Frecuencia cardíaca			Número de latidos			Área (m <sup>2</sup> /min)		
Trabajador 1									
Azadón 1	114	111	99	2864	2816	2504	4.05	2.65	9.45
Azadón 2	104	108	110	2624	2720	2672	4.50	4.20	12.5
Azadón 3	107	109	98	2592	2544	2480	5.00	4.40	9.80
Azadón 4	99	106	114	2512	2568	2776	3.50	10.0	12.4
Azadón 5	108	108	105	2736	2720	2557	4.20	4.95	10.9
Trabajador 2									
Azadón 1	139	137	146	3376	3320	3544	4.90	4.20	10.2
Azadón 2	145	159	127	3640	3840	3064	7.55	3.15	8.70
Azadón 3	131	144	133	3192	3616	3008	4.10	11.5	10.9
Azadón 4	142	140	139	3576	3384	3384	3.50	3.75	9.95
Azadón 5	145	129	130	3656	3016	3264	4.80	3.65	14.8

Anexo 5. Población de malezas presentes en los tres sitios y en las dos fases del ensayo.

FASE 1

Pendiente 0°-5°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo espinoso	Amaranthaceae	12
<i>Baltimora recta</i>	Flor amarilla	Asteraceae	4
<i>Bidens pilosa</i>	Mozotillo	Asteraceae	18
<i>Elvira biflora</i>	Lentejuela	Asteraceae	6
<i>Emilia fosbergii</i>	Pinselillo	Asteraceae	8
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Hierba mala	Euphorbiaceae	14
<i>Cenchrus echinatus</i>	Mozote	Poaceae	6
<i>Cyperus rotundus</i>	Coyolillo	Cyperaceae	26
<i>Crotolaria pallida</i>	Chipilín	Fabaceae	10

Pendiente 15°-20°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Aeshynomene americana</i>	Platanitos	Fabaceae	6
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coyolillo	Cyperaceae	12
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda	Poaceae	4
<i>Bidens pilosa</i>	Mozote	Asteraceae	10
<i>Panicum maximum</i>	Zacate guinea	Poaceae	2
<i>Emilia fosbergii</i>	Pinselillo	Asteraceae	8
Rastrojo de maíz ( <i>Zea mays</i> )	Maíz	Poaceae	4

Pendiente 25°-30°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Oplismenus burmani</i>	Zacate conejo	Poaceae	5226
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helcho	Dennstaedtiaceae	120
Rastrojo de maíz ( <i>Zea mays</i> )	Maíz	Poaceae	4

FASE 2

Pendiente 0°-5°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Baltimora recta</i>	Flor amarilla	Asteraceae	12
<i>Cenchrus echinatus</i>	Mozote	Poaceae	4
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coyolillo	Cyperaceae	58
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	Poaceae	18

## Pendiente 15°-20°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Aeshynomene americana</i>	Platanitos	Fabaceae	4
<i>Baltimora recta</i>	Flor amarilla	Asteraceae	14
<i>Bidens pilosa</i> L.	Mozote negro	Asteraceae	6
<i>Croton hirtus</i>	Tostoncillo	Euphorbiaceae	2
<i>Crotolaria palida</i>	Chipilin	Fabaceae	10
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasro bermuda	Poaceae	6
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coyolillo	Cyperaceae	12
<i>Desmodium intortum</i>	Pega-pega	Fabaceae	2
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pangola	Poaceae	38
<i>Digitaria horizontalis</i>	Pangola	Poaceae	22
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Hierba mala	Euphorbiaceae	20
<i>Euphorbia hirta</i>	Golondrina	Euphorbiaceae	12
<i>Hyptis capitata</i>	Botón negro	Lamunaceae	4
<i>Jacquemontia tamnifolia</i>	Tripa de gallina	Convolvulaceae	2
<i>Macryphytes chamaedrys</i>	Flor morada	Laminaceae	26
<i>Melanthera aspera</i>	Botoncillo	Asteraceae	8
<i>Mitracarpus hirtus</i>	Botoncillo de milpa	Rubiaceae	28
<i>Phaseolus atropurpureus</i>	Bejuco	Fabaceae	16
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Portulacaceae	4
<i>Richardia scabra</i>	Ipecacuana blanda	Rubiaceae	56
<i>Sclerocarpus phylocephalus</i>	Flor amarilla	Asteraceae	84
<i>Sida acuta</i>	Escobilla	Malvaceae	18

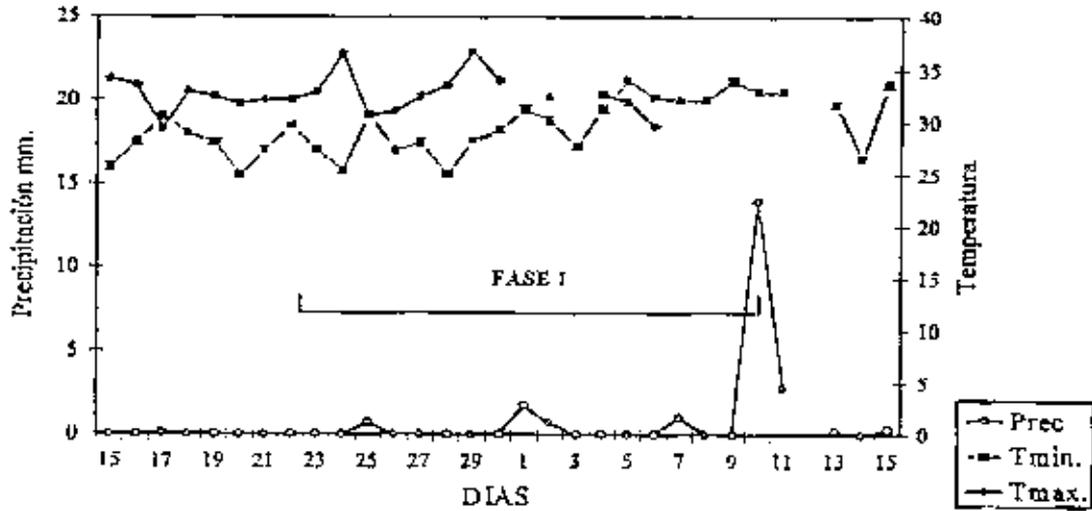
## Pendiente 25°-30°

Nombre científico	Nombre común	Familia	No./m <sup>2</sup>
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Bledo	Amaranthaceae	2
<i>Bidens pilosa</i> L.	Mozote negro	Asteraceae	20
<i>Comelina difusa</i> L.	Tripa de pollo	Commelinaceae	8
<i>Conysa borinensis</i> L.	Amargosa	Asteraceae	2
<i>Cuphea carthagenensis</i> H.B.K.	Chupa miel	Lithraceae	2
<i>Cyperus esculentus</i>	Coyolito	Cyperaceae	4
<i>Delilian biflora</i> L. D.C.	Lenteja	Asteraceae	8
<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	Botón negro	Leminaceae	4
<i>Oplismenus burmanii</i>	Zacate conejo	Poaceae	3928
<i>Oxalis neil</i> L.	Trébol	Ocalidaceae	2
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Trébol	Ocalidaceae	2
<i>Paspalum plicatulum</i>	Pasto gallito	Poaceae	16
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.)	Helecho	Dennstaedtiaceae	146
<i>Solanum americanum</i>	Santa Lucia	Solanaceae	2

- En la fase 1 las malezas tenían un mayor grado de madurez que en la fase 2. La población presentada es un dato promedio de 10 muestras.

Anexo 6. Datos de precipitación y temperatura en Zamorano para las dos fases del ensayo

### Condiciones climatológicas del Zamorano en la fase 1 (abril-mayo)



### Condiciones climatológicas del Zamorano en la fase 2 (julio)

