

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE ATENAS

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
ANIMAL

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE CONTROL DE MALEZAS
PARA UN ADECUADO AFORO DE POTREROS EN COSTA RICA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL
GRADO DE LICENCIATURA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
ANIMAL

MARIO ALBERTO BOLAÑOS MARÍN

ATENAS, COSTA RICA
2020

DECLARACIÓN JURADA

Yo Mario Alberto Bolaños Marín portador de la cédula de identidad número 6-248-703 y estudiante de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción Animal, conocedor de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juro solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmó en la ciudad de Atenas, a los X del mes de X del dos mil veinte.

Mario Alberto Bolaños Marín
Cedula 6-248-703

Acta de Aprobación



Sede Atenas

ACTA

En la ciudad de Atenas, a los 22 días del mes de Febrero del año 2020, estando presentes en la Sede Atenas de la Universidad Técnica Nacional, las siguientes personas: Jorge Alberto Elizondo Salazar, Edwin Pérez Gutierrez, Luis Alberto Vásquez Bustos y César Solano Patiño, en su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para evaluar el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura, del estudiante **Mario Alberto Bolaños** cédula 602480703.

Reunido el Tribunal Evaluador y el aspirante, éste procedió a defender su Trabajo Final de Graduación: "**Comparación de Dos Sistemas de Control de Malezas para un Adecuado Aforo de Potreros**"

Concluida la defensa del Trabajo Final de Graduación, el Tribunal Evaluador consideró que de conformidad con la normativa en la materia, el estudiante obtuvo una calificación de 86, cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación del Trabajo Final de Graduación y le es conferido el grado de Licenciado en Ingeniería en Sistemas de Producción Animal

Nombres y firmas del tribunal y de los estudiantes:

César Solano Patiño (Director de Carrera)

Jorge Elizondo Salazar (Tutor)

Luis Vásquez Bustos (Lector)

Edwin Pérez Gutierrez (Lector)

Mario Alberto Bolaños Marín (Estudiante)

Four handwritten signatures in blue ink are visible on the right side of the page. The signatures are written over horizontal lines. From top to bottom, they correspond to the names listed on the left: César Solano Patiño, Jorge Elizondo Salazar, Luis Vásquez Bustos, and Mario Alberto Bolaños Marín.

DEDICATORIA

Dedicó con todo el cariño a la memoria de mi abuela Clarisa Zamora Segura, mis abuelos Carlos Marín Delgado, Mario Bolaños Monge.

Especial dedicatoria a mi abuela Alicia Ángulo Vega por colaborar en mi formación como persona desde niño.

Dedicó también esta investigación a mis entrañables compañeras y compañeros de la Generación 90-92 de la Escuela Centroamericana de Ganadería.

AGRADECIMIENTOS

Primero a la Fuerza Suprema, nuestro Dios único que rige todo.

No menos importante y como eje principal de mi realización como profesional y estudiante, a mi esposa Sandra Lostalo, a mis hijas María de los Ángeles y Pamela del Carmen.

A mis padres Ana Marín y Mario Bolaños por estar siempre ayudándome y apoyándome.

Agradecimiento al profesor Jorge Alberto Elizondo Salazar por toda la ayuda incondicional brindada.

A los profesores lectores de la investigación, M.Sc. Edwin Pérez Gutiérrez y MGA. Luis Alberto Vázquez Bustos.

A mis compañeros de trabajo de Corteva Agriscience Alejandro Cedeño, Pablo Solórzano y Marco Araujo por las colaboraciones dadas durante el tiempo de la investigación.

A Alexander Morales administrador de Hacienda Tridente y todo el personal de la finca por toda la ayuda y facilidades brindadas para poder realizar la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA.....	II
TRIBUNAL EXAMINADOR	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Definición del objeto de estudio	1
1.2. Justificación y antecedentes	1
1.3. Objetivo general y específicos	5
1.4. Hipótesis	5
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. La ganadería y las pasturas.....	6
2.2. Manejo de malezas en los potreros	8
2.3. Ingredientes del control químico (sistémicos y selectivos).....	10
2.3.1. Picloram + 2,4-D	10
2.3.2. Aminopyralid + 2,4-D	11
2.3.3. Picloram + Fluroxypyr	11
2.3.4. Picloram + Metsulfuron Metil.....	11
2.4. Fitotoxicidad.....	13
2.5. Factores en un programa de control de malezas.....	13
2.6. Invasión de las malezas en los potreros	14
2.7. Impacto de las malezas en la producción animal.....	15
III. MARCO METODOLÓGICO	17
3.1. Descripción del área experimental.....	17
3.2. Tratamientos.....	17
3.3. Aplicación de los tratamientos	18
3.4. Momento de aplicación.....	20

3.5. Variables Evaluadas	20
3.5.1. Selectividad	20
3.5.2. Rendimiento del pasto	21
3.5.3. Control de malezas	23
3.6. Diseño experimental	24
3.7. Análisis estadístico	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Selectividad de los herbicidas	25
4.2. Rendimiento del pasto	28
4.3. Composición nutricional del pasto	29
4.3.1. Materia seca	30
4.3.2. Proteína cruda (PC)	32
4.3.3. Fibra Detergente Neutra (FDN).....	35
4.4. Producción por hectárea	37
4.4.1. Materia Seca (ton/ ha).....	37
4.4.2. Proteína cruda ton/ha.....	41
4.5. Control de Malezas	42
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 Conclusiones	47
5.2. Recomendaciones	49
VI. LITERATURA CITADA	50
VII. ANEXOS.....	55
Anexo 1. Carta de autorización.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1.	Descripción de los tratamientos evaluados para el control de malezas.	18
Cuadro 2.	Metodología de evaluación de selectividad.	21
Cuadro 3.	Escala porcentual de evaluación de control de maleza, escala lineal con intervalos constantes.....	24
Cuadro 4.	Composición nutricional del pasto <i>Brachiaria brizantha</i> bajo la influencia de distintos herbicidas.	30
Cuadro 5.	Efecto de los diferentes tratamientos para el control de malezas en la producción de forraje por hectárea (ton/ha), en dos épocas del año.	40
Cuadro 6.	Efecto de los distintos controles de malezas en la producción de proteína cruda (ton/ha) del pasto <i>Brachiaria brizantha</i>	41
Cuadro 7.	Efecto de la chapea y de tres distintos herbicidas sobre el control de malezas (peso de las malezas en gramos) en potreros, en dos épocas del año (verano e invierno).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.	Disposición de los tratamientos evaluados para el control de malezas en los potreros.....	19
Figura 2.	Muestreo del forraje <i>Brachiaria brizantha</i>	22
Figura 3.	Daños fitotóxicos tipo 2 en el pasto <i>Brachiaria brizantha</i> , bajo la influencia del tratamiento Combatrán XT.	25
Figura 4.	Resultados de la selectividad en los diferentes tratamientos evaluados en el control de malezas en el pasto <i>Brachiaria brizantha</i> para dos épocas.	26
Figura 5.	Reducción del crecimiento del pasto <i>Brachiaria brizantha</i> al día 30 de aplicación de diferentes tratamientos químicos y chapea.	29
Figura 6.	Composición porcentual de las malezas presentes en cada tratamiento evaluado durante dos épocas climáticas.....	46

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en el periodo diciembre de 2017 hasta agosto 2018; se condujo un experimento durante las dos estaciones climatológicas que se presentan en Costa Rica, y en particular en la localidad de San Rafael de Guatuso, cantón quince de la provincia de Alajuela, con el objetivo de analizar tres herbicidas para la eliminación de malezas en potreros y comparar control y eficiencia con el uso del control mecánico. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos aleatorizados con cinco repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: 1-Aminopyralid + 2,4-d + Fluroxipir (25 g+150 g+50 g/ L) a una dosis de 0.75% v/v. 2-Aminopyralid + 2,4-d (20 g+240 g/L) a una dosis de 1 % v/v. 3-Aminopyralid + 2,4d (40 g+320 g/L) a una dosis de 1 % v/v. 4-Chapea con moto guadaña. 5-Testigo absoluto sin aplicación. Los tratamientos se aplicaron una vez en cada estación climatológica del año en las mismas parcelas experimentales. Se homogenizó cortando a nivel de suelo toda el área cuarenta y siete días antes de la primera aplicación. Luego se realizó un inventario de las malezas existentes. Se evaluó selectividad de los tratamientos a los 7, 15, 30 y 45 días después de la aplicación, el correspondiente al control de malezas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación, y se observó el crecimiento del pasto al día 30 y 40 después de la aplicación. Se tomó una muestra de forraje en época seca y una muestra en época de lluvias para hacer los análisis de producción y calidad. Los tratamientos con herbicidas tuvieron un mayor control de malezas que la chapea en la época de lluvias y la chapea tuvo mejor resultado en porcentaje de proteína cruda en ambas épocas del año.

Palabras clave: herbicidas, chapea, control, proteína cruda, selectividad, forrajes

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición del objeto de estudio

En este trabajo, se estudiaron las principales formas de controlar las malezas en las pasturas, la primera de ellas es mediante el control mecánico o físico, en este caso: chapea y la segunda se refiere al control químico de diferentes ingredientes, dosis y mezclas, en un potrero de pasto *Brachiaria brizantha* (Diamantes 1), con el fin de evaluar los efectos de los diferentes tratamientos en la pastura.

1.2. Justificación y antecedentes

Actualmente los consumidores exigen cada vez una mayor calidad de productos de origen animal, principalmente los aspectos ambientales y de abastecimiento de leche y carne son los que más preocupa a dichos consumidores, lo que obliga a los productores agropecuarios a ser más eficientes y prácticos mediante la optimización de todos aquellos procesos involucrados dentro de las fincas, tal como el uso adecuado de la tierra (INATEC 2016).

Producir leche o carne a base de pasturas en nuestro país es una de las formas de reducir los costos de alimentación, al disminuir la dependencia del consumo de alimentos balanceados. Sin embargo, la presión por ser cada vez más eficientes en el aprovechamiento del área y el aumento de la carga animal, compromete la calidad nutricional, el rebrote y la invasión de malezas en las pasturas (Lemus de Jesús 2008).

Se dice que el ganadero que implemente un sistema tipo de pastoreo, es en realidad un productor de pasto y junto a sus animales son transformadores de ese pasto en carne y/o leche (Ruiz 2013). Es por esta razón que en los potreros se requieren plantas con las siguientes características: alta palatabilidad, forrajes de excelentes calidades nutricionales y producción de biomasa y además que tengan cobertura de suelo óptima para evitar la presencia de especies no deseadas (INATEC 2016).

Pese a lo anterior, en la mayoría de los potreros de Costa Rica también crecen plantas que no fueron sembradas (no deseadas) y que son poco consumidas por el ganado o compiten con el forraje por los nutrientes disponibles en el suelo, por espacio etc. Además, hay especies que pueden provocar intoxicaciones o daños físicos al ganado (INATEC 2016). La presencia de estas plantas, generalmente, no es deseada por el productor ganadero y por esta razón, son llamadas “malezas”.

Las principales malezas de los potreros en el trópico son las especies de hoja ancha, entre las cuales se pueden presentar especies herbáceas, semileñosas y leñosas (Esqueda *et al.* 2010). Para su control, se pueden utilizar control cultural (selección de la especie, sistema de siembra, cantidad y calidad de semilla entre otros), mecánico (uso de rotativa, machete, o corte para el toconeo) o químico (uso de herbicidas aplicados con equipos especializados) (Benejam 2006). La eliminación mecánica por medio de chapeos proporciona un control temporal, por lo que es necesario llevarlo a cabo en más de una ocasión en época de lluvias. Por otra parte, con el control químico, se logra la eliminación o disminución de la población de las malezas en el potrero (Esqueda *et al.* 2003).

El control químico de malezas en un potrero va a depender de las especies presentes, la densidad de éstas y otros factores agroecológicos

(Esqueda *et al.* 2003). El producto necesario, una adecuada aplicación, con las dosis y equipo recomendado por el fabricante, son factores que influyen directamente sobre la eliminación o disminución de malezas en un potrero.

Mantener baja la población de dichas, plantas en los potreros destinados a producción pecuaria es importante para el productor, le permite una mayor productividad de las pasturas y, por ende, obtener más ingresos, además, reducir los costos de mantenimiento de las mismas (Aguilar y Nieuwnhuyse 2009).

La búsqueda de mayor productividad se logra con el manejo de los potreros, que se define como un conjunto de prácticas aplicadas al sistema suelo-planta- animal, que se orientan a controlar el crecimiento vegetal de plantas no deseadas, del pasto y el acceso de los animales a éstos, con los objetivos de obtener (Novoa 1983):

- Alto valor nutritivo de la pradera.
- Alta o máxima productividad de la pradera.
- Persistencia de la pradera.
- Alto nivel del consumo del forraje productivo.
- Alto producto animal por unidad de superficie.

En el manejo de una pastura interactúan varios factores, gobernados en mayor o menor grado por el ganadero, quien, sin embargo, en la aplicación de cualquier método de manejo debe tomar en consideración aquellos no manejables que contribuyen a determinar el crecimiento y utilización del forraje. Entre los factores no directamente manejables en condiciones prácticas de uso de las pasturas está la fisiología vegetal. Sin embargo, el conocimiento de las variantes de este factor y su interrelación con el medio y con el animal al pastoreo, es un elemento fundamental por considerar en la

toma de decisiones sobre el manejo de un potrero (Aguilar y Nieuwnhuysse 2009).

A pesar de la necesidad de control de malezas en los potreros y la búsqueda de una mayor productividad de los pastos para producir más carne/leche por unidad de área, los ganaderos en Costa Rica no han adoptado como actividad frecuente de sus sistemas, la medición de la capacidad de alojar semovientes. Algunos, lamentablemente, todavía utilizan el método de control de maleza con cuchillo, afirmando que el costo de éste es bajo, pese a lo anterior se demuestra lo contrario en el tiempo y la capacidad de alojamiento de animales para producción de leche o carne es menor por unidad de área.

Durante muchos años, gran cantidad de herbicidas han sido descubiertos y comercializados para ser usados por el ganadero en sus fincas; es frecuente encontrar una aplicación deficiente, por consiguiente, el resultado es una mala inversión. Hoy el productor pecuario puede encontrar en el mercado de herbicidas para potreros diversidad de moléculas químicas y concentraciones. Si estos productos se aplicaran de la forma recomendada por el fabricante, la cantidad y calidad de pasto en el potrero aumentaría y se podría producir más carne y/o leche por área.

1.3. Objetivo general y específicos

1.3.1. Objetivo general:

- Analizar tres diferentes herbicidas para la eliminación de malezas en potreros y comparar control y eficiencia con el uso del control mecánico (chapea).

1.3.2. Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento y composición química del forraje sometido a los diferentes métodos para el control de malezas.
- Comprobar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo del forraje (fitotoxicidad).
- Comparar dos diferentes métodos de control de malezas, y determinar cuál proporciona al ganadero mayor eliminación de las plantas no deseadas.

1.4. Hipótesis

Los herbicidas sistémicos controlan las malezas y el rendimiento y calidad del pasto en potreros donde se aplica estos herbicidas es diferente versus el control físico o mecánico con machete (chapea).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. La ganadería y las pasturas

Al desarrollo de la ganadería se la han atribuido muchos daños al medio ambiente, entre los que se pueden mencionar: la pérdida de biodiversidad por la deforestación, degradación de la fertilidad del suelo, disminución en la calidad y la cantidad de agua, y quizá uno de los factores de más importancia es la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual favorece al calentamiento global. A pesar de los anterior, el 24 % de la vegetación mundial está representada por pasturas de gramíneas (Arronis 2010) y en nuestro país el área para dedicada a las pasturas representa el 43 % del total de la tierra dedicada a la agricultura y ganadería (INEC 2015).

Las pasturas son base fundamental para la alimentación del ganado, por lo que el establecer una pastura mejorada en el campo permitirá obtener un balance nutricional óptimo para el desarrollo y cría de los animales (Arronis 2005).

Detalladamente existen entonces varias razones por las cuales se debe buscar la capacidad de albergar animales para algún tipo de explotación pecuaria en un potrero, a continuación, se mencionan algunas:

- Conocer la capacidad de alojamiento correcta que proporciona un terreno sembrado de pasto para la planificación en el tiempo del pastoreo de animales con uso de explotación de carne, leche o ambos.
- Si desconoce la capacidad de aforo de una pastura y los animales en la explotación tienen libertad de elegir lo que desean consumir y/o

rechazar, entonces la selectividad y baja presión de pastoreo conlleva a un sobrepastoreo o sub pastoreo, situaciones en las cuales las especies deseadas se ven amenazadas y es donde proliferan otras llamadas malezas o “monte” que los animales rechazan y quedan intactas en el potrero; de tal forma mientras pasa el tiempo, el potrero queda expuesto a la radiación solar, los vientos y las lluvias, degradando hasta casi la desaparición con el tiempo.

- Se puede calcular la disponibilidad total de pasto por cosecha, descontar la reserva que se desea para el rebrote subsiguiente y con el pasto que queda disponible, se podría calcular la carga animal máxima de ganado.
- Disponer del tamaño correcto de los potreros para así garantizar el éxito de la técnica de pastoreo a implementar.

Actualmente, uno de los principales problemas que afrontan los potreros tropicales es la presencia de grandes poblaciones de malezas, las cuales, si no son controladas de manera oportuna y eficiente, compiten con los pastos por agua, luz y nutrientes (Pellegrini *et al.* 2007, citado por Esqueda *et al.* 2010). Esta competencia provoca una reducción tanto en la cantidad como en la calidad del forraje, incrementa los costos del manejo y producción del ganado, dificultan el pastoreo de los animales y además de que algunas las malezas pueden resultar tóxicas para éstos (Ávila 1998, citado por Esqueda *et al.* 2005).

En un potrero diseñado para la producción animal, como anteriormente se ha mencionado, las malezas se convierten en la principal amenaza y competencia con las gramíneas para el adecuado cálculo de la capacidad de albergar animales para la producción de leche y/o carne (Salerno 2006). Por esta razón es importante identificar las malezas de acorde a su clasificación, éstas se pueden agrupar según la relación con el periodo vegetativo en: malezas anuales, bianuales o perennes).

La anual es la que produce una gran cantidad de semilla en los cultivos semestrales de manera que completa su ciclo vegetativo, las bianuales son las que necesitan de dos años para cumplir su ciclo vegetativo. El primer año para producir estructuras vegetativas y en el segundo las partes reproductivas. Y por último las perennes son plantas que se reproducen a partir de estolones, rizomas, bulbos y raíces, se reproducen también por semillas (Urroz y Ramírez 2006).

2.2. Manejo de malezas en los potreros

Una pastura llena de malezas implica mayor gasto y menor ingreso para los ganaderos. Cada “parche” de suelo desnudo en la pastura, también tiene efectos negativos y peor aún podría provocar la pérdida irreversible de parte del suelo.

Por lo tanto, los retos que enfrenta el productor consisten en mantener en un nivel bajo la cantidad de malezas en sus pasturas y mantener una cobertura óptima de especies forrajeras para maximizar la erosión del suelo (Aguilar y Nieuwenhuyse 2009).

Cada vez es mayor la presión por mejorar la productividad dentro las fincas de leche o carne, en el que el manejo de las pasturas y el control de malezas son puntos claves para optimizar el aprovechamiento del área y los forrajes. El manejo integrado de control de malezas es realizado principalmente por métodos que involucren el control químico, cultural y mecánico (Benejam 2006).

La chapea de las malezas es un método que causa un control mínimo de las mismas, ya que el sistema radical aún queda en el suelo y el rebrote de la maleza es muy rápido y con mayor vigor, además que la labor de

chapea aumenta el riesgo de accidentes (Motooka *et al.* 2002 citado por Esqueda *et al.* 2010).

En el caso del empleo del control químico, predominan en el mercado los productos hormonales (auxinas sintéticas), ya que brindan un mejor control de las malezas a corto y largo plazo y con un costo mucho más bajo (Motooka *et al.* 2002 citado por Esqueda *et al.* 2010). El uso de estos productos en el control de malezas requiere considerar la selectividad, el espectro de control, la compatibilidad de mezclas de herbicidas y la residualidad de los mismos (Frene 2015).

Existen diferentes estrategias para el manejo de malezas, tales como la convivencia, erradicación, control y prevención, esta última incluye la táctica legal, mecánica-física y química. El uso de químicos para controlar malezas selectivamente es una parte esencial para manejar las malezas e incrementar la productividad de los cultivos. El aminopyralid, el picloram y el fluroxypyr pertenecen a la familia química de los ácidos piridino-carboxílicos y su mecanismo de acción es ser disruptores del crecimiento celular (Sarassa 2016).

En general el mecanismo de acción de los herbicidas hormonales inicia cuando la molécula de herbicida se acopla a la membrana celular, provocando una relajación o flacidez de la misma. Una vez ocurrida esta acción se libera un factor llamado citocromo, el cual se mueve hacia el núcleo, donde se da la activación de la enzima de transcripción (ARN polimerasa). Cuando aumenta la formación de ARN de manera descontrolada, fomenta la división celular, por lo que los meristemas se desarrollan de forma desordenada, que resulta en una inhibición del crecimiento vegetal. En ese momento la planta deja de realizar el proceso de fotosíntesis e inicia auto consumir los nutrientes almacenados dentro de la misma, que al final provoca la muerte de la planta (Puricelli y Leguizamón 2005).

2.3. Ingredientes del control químico (sistémicos y selectivos)

Los herbicidas sistémicos y selectivos son los más utilizados en las fincas ganaderas, específicamente porque no afectan a un determinado grupo de plantas.

Es por esta razón que, el uso de estos herbicidas para manejar las malezas del tipo hoja ancha o los helechos es común en pasturas de solo gramíneas. Su nombre “sistémico” se debe a que cuando son absorbidos por las plantas, se “mueven” en su interior por los tejidos vasculares y luego interfieren o bloquean algún proceso vital de esas plantas causando la muerte (Aguilar y Nieuwenhuyse 2009).

En el mercado existe una gran variedad de ingredientes dentro del control químico en los que destacan: el picloram, aminopyralid, fluroxypyr y el 2,4-D. Estos ingredientes se mezclan y dan origen a productos de diferentes marcas comerciales reconocidas (Aguilar y Nieuwenhuyse 2009).

2.3.1. Picloram + 2,4-D

Modo de acción: Ambos ingredientes activos de este herbicida tienen la capacidad de movilizarse por la planta y se utilizan para el control malezas de hojas anchas.

Mecanismo de acción: Este producto es absorbido por los folíolos y la raíz de las plantas tratadas, se moviliza a través de los sistemas vasculares (xilema y floema), logrando así su acción herbicida sobre los ácidos nucleicos de la planta. El 2,4-D al ser una auxina sintética incrementa la biosíntesis y producción de etileno, causando un incontrolado crecimiento celular, lo cual atrofia los tejidos vasculares (EDIFARM 2010 citado por Esqueda *et al.* 2010).

2.3.2. Aminopyralid + 2,4-D

Modo de acción: Ambos ingredientes son de acción sistémica y selectiva para el control de malezas de hoja ancha.

Mecanismo de acción: El Aminopyralid es un producto que se encuentra entre el grupo de las auxinas sintéticas, las cuales se movilizan a través de los tejidos vasculares, causando un crecimiento desregulado de los patrones metabólicos, afectando el proceso de crecimiento. El 2, 4-D también actúa como un inhibidor del crecimiento de las plantas, se moviliza a las regiones meristemáticas de tallos y raíces donde ejerce su efecto.

2.3.3. Picloram + Fluroxypyr

Modo de acción: Los dos ingredientes de este producto se utilizan para control de malezas de hoja ancha.

Mecanismo de acción: El producto es absorbido por las hojas y las raíces, y se transloca a través de los tejidos vasculares de la planta (xilema y floema) ejerciendo su acción sobre los ácidos nucleicos de la planta, principalmente en los tejidos meristemáticos, lo cual causa en la planta un crecimiento desmedido, provocando una elongación celular, malformaciones y rompimiento de tejidos, y epinastia en las hojas (Tomlin 1994 Citado por Esqueda *et al.* 2010).

2.3.4. Picloram + Metsulfuron Metil

Modo de acción: Este herbicida al igual que los anteriores es de acción sistémica y es selectivo a las gramíneas, se usa para el control de malezas de hojas anchas, herbáceas, leñosas y semileñosas.

Mecanismo de acción: Es un herbicida sumamente móvil, dado la naturaleza de sus ingredientes activos, por su parte el Picloram interviene en el metabolismo de los ácidos nucleicos y afecta la respiración, fotosíntesis y la absorción de nutrientes, mientras que el metsulfuron-metil inhibe algunos pasos de la biosíntesis de ciertos aminoácidos como la valina, la leucina y la isoleucina, este ingrediente se transloca tanto en forma basípeta como acrópeta por los tejidos conductivos de las plantas (Tomlin 1994 Citado por Esqueda *et al.* 2010).

En la actualidad se han realizado muchos estudios, para el control de malezas en pasturas, en la mayoría de los cuales se han utilizado estos ingredientes activos (Tomlin 1994 citado por Esqueda *et al.* 2009).

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de nuevas formulaciones a base de la sal de dimetilamina (DMA), este es una sal amoniacal mucho más afín en mezclas con herbicidas como el 2,4-D y el Aminopyralid. Es una sal con un peso molecular menor, por lo que contiene mayor cantidad de moléculas por gramo de ingrediente activo, lo que conlleva a realizar nuevos estudios para determinar el control de estos productos sobre malezas difíciles de controlar y a su vez determinar si causan un grado de fitotoxicidad en el desarrollo y la producción de los pastos.

Es importante mencionar que los factores que inciden directamente sobre el control de malezas con herbicidas selectivos de postemergencia son: humedad, temperatura, desarrollo de la maleza y del pasto, vigor de la maleza, hora del día de aplicación, aditivos y la calidad de aplicación (Villanueva 2002).

Existen además factores edafológicos y ambientales, que influyen en la persistencia de los herbicidas en el suelo: descomposición microbiana,

descomposición química, adsorción por las partículas del suelo y contenido de materia orgánica del mismo, lixiviación, volatilización y descomposición por la radiación ultravioleta o foto degradación (Montoya 2017).

2.4. Fitotoxicidad

En la actualidad no se encuentra ningún reporte en Costa Rica de que los productos antes citados, produzcan fitotoxicidad a los pastos mejorados sembrados. Se indica únicamente que no hay un efecto sobre la pastura, sin embargo, no hay un registro de peso que valide los efectos de dichos herbicidas al pasto. En esta investigación se analizará el comportamiento de esas nuevas formulaciones sobre los pastos, con el fin de informar de la mejor alternativa de control de las malezas y que cuenta con una alta selectividad hacia los pastos (Gómez 2013).

2.5. Factores en un programa de control de malezas

Según INATEC (2016), antes de implementar un programa de control de malezas, en el que incluya herbicidas es recomendable analizar los siguientes factores que influirán directamente:

- a. Efecto del herbicida sobre la planta.
- b. Tiempo y método de pulverización, la tasa de aplicación.
- c. Efecto del herbicida sobre el medio ambiente.
- d. Los costos sociales, ecológicos y económicos comparados con otras alternativas.

2.6. Invasión de las malezas en los potreros

La invasión de las malezas en los potreros se debe a que existe un sobrepastoreo en época de lluvias, especies de forraje no adaptadas al verano extenso de algunas zonas de Costa Rica, podrían ser algunos de los factores que influyen para que, en un potrero diseñado para el pastoreo de animales en producción de leche, carne o ambos, aparezcan e invadan las malezas.

Otra de las causas de invasión de malezas es el de la dispersión de las semillas por los animales o el viento, hay una cantidad importante de semillas de varias especies en el suelo, de las cuales una parte puede germinar si hay algún claro en la cobertura del pasto establecido (INATEC 2016).

Un inadecuado manejo de la vegetación existente antes del establecimiento de una pastura nueva resulta en una pastura con alta invasión de plantas no deseadas o malezas. También es frecuente que los ganaderos apliquen menor cantidad de semilla por área de la recomendada dejando espacios vacíos que favorecen la germinación de malezas. En su afán de “ahorrar dinero” en compra de menos kilos de semilla y uso de menor mano de obra, olvidan que manejar la maleza les dará como resultado un establecimiento deficiente y un mayor gasto de control de la maleza en el futuro (Aguilar 2009).

En general se considera al pastoreo selectivo y al sobrepastoreo como las causas principales de la invasión de malezas, los cuales son más comunes en época seca y en consecuencia hay una mayor invasión al inicio del invierno, principalmente después de un verano extenso (Villanueva 2002).

Es importante citar que, en la mayoría de las áreas de Costa Rica y Centroamérica, la vegetación natural es el bosque y que las pasturas son en su mayoría agroecosistemas artificiales. Debido a las condiciones climáticas y de suelos, sino se manejan las malezas en una pastura, es inevitable la invasión de otras especies como parte de la sucesión vegetal para la regeneración del bosque. Primero germinan dentro de la pastura especies de plantas nativas que requieren de espacios abiertos, como las malezas herbáceas y leñosas que crecen más altas que el pasto. Si no se toman medidas para reducir su crecimiento, la sombra de estas especies, poco a poco, reduce el crecimiento del pasto y estimula la germinación de otras especies leñosas (Aguilar 2009).

2.7. Impacto de las malezas en la producción animal

Un manejo integral de malezas en pasturas no solo debe considerar el impacto negativo que pueden ocasionar a la productividad, sino también el efecto toxico que puede tener algunas de estas especies para el ganado (Aguilar 2009).

De los daños señalados a los tres grupos de problemas fitosanitarios (enfermedades, malezas, insectos), las malezas producen pérdidas contables equivalentes a la suma de los otros dos, sin embargo, es difícil decir cuánto es el efecto adverso real de la maleza en potreros, puesto que los daños se notan en otra estación cuando las malezas ya han competido durante los periodos críticos con los pastos (Villanueva 2002).

Actualmente se han identificado más de 1200 especies vegetales como malezas, pertenecientes a 26 familias, entre las que se destacan las

leguminosas y las solanáceas. En la ganadería, las malezas arbustivas y semiarbustivas se suman a las anteriores mencionadas (Villanueva 2002).

Las malezas ocasionan varios problemas en la producción animal, algunos de los más importantes que se pueden citar son:

- Competencia con los pastos por espacio, agua, luz y nutrientes, lo que trae el resultado en la disminución de la cantidad de pasto aprovechable en el potrero.
- Causa daños a los animales por ser tóxicas, agregar mal olor a los productos finales; ejemplo de esto son las solanáceas.
- Son hospederas de hongos, bacterias, virus e insectos.
- Provocan subutilización en algunas áreas de potreros mayormente pobladas por arbustivas.
- Dificultad para el manejo correcto del ganado y ocasionalmente provocar lesiones.

Se concluiría que los problemas de malezas en la actualidad son de similar envergadura que los existentes en el pasado y que la diferencia está en las tecnologías disponibles para poder enfrentarlas. Estas herramientas tecnológicas son desaprovechadas al no ser usadas, en la mayoría de los casos, con la eficiencia que demanda cada sistema de producción en la actualidad (Leguizamón 2000).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área experimental

El experimento se llevó a cabo en Hacienda Tridente de San Carlos, ubicada en San Rafael de Guatuso (Zona Norte), cantón 15 de la provincia de Alajuela, cuyas coordenadas son 10° 41' 10.74" latitud Norte y 84° 54' 37.2" longitud Oeste, con una altitud de 160 m.s.n.m, con precipitación promedio anual de 3449 mm, la temperatura oscila entre 21 °C y 28 °C y la humedad relativa es de 80 % promedio anual (Instituto Meteorológico Nacional Costa Rica, 2019). El área experimental se ubicó en un potrero plano, con suelo drenado y sembrado del pasto mejorado *Brachiaria brizantha*. Esta sección de la finca presenta las condiciones necesarias para el establecimiento del ensayo, como lo es población de malezas por controlar dentro del pasto.

3.2. Tratamientos

La descripción de los tratamientos evaluados en este estudio (nombre comercial, ingredientes activos, dosis/ha y fabricante) se detallan en la Cuadro 1, así como también el control por medios físicos y el control absoluto.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados para el control de malezas.

Tratamiento	Nombre comercial	Ingredientes activos	Dosis/ha	Fabricante
1	Combatrán XT	Aminopyralid+ 2,4d+ Fluroxipir (25 g+150 g+50 g/ L).	0,75 % v v	Corteva
2	Tordón XT	Aminopyralid+ 2,4-d (20 g+240 g/L)	1,0 % v v	Corteva
3	Pastar 36 SL	Aminopyralid+2,4-d (40 g+320 g/L)	1,0 % v v	Corteva
4	Chapea	NA	NA	NA
5	Control Absoluto	NA	NA	NA

3.3. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos químicos se aplicaron por medio de un boom manual de seis boquillas accionado con CO₂, en un área de 30 m². Las boquillas tel jet 8003 fueron calibradas para una descarga optima de los productos. Se utilizó un volumen de descarga de 300 L/ha, teniendo como ventaja que este tipo de equipo permite una descarga y presión constante, logrando una aplicación uniforme.

Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones en las parcelas de 6 metros de largo por 5 metros de ancho. Entre cada uno de los tratamientos se estableció un metro de división para facilitar las evaluaciones. Se hizo dos aplicaciones por tratamiento durante el año 2018, la aplicación del tratamiento se realizó en época seca (8-219) y otra en época de lluvia (1-5-18) (Figura 1).

Simultáneamente a la aplicación de los herbicidas, se chapeó con segadora mecánica en cada parcela asignada a este tratamiento. El testigo absoluto no tuvo ningún tipo de aplicación (Figura 1).

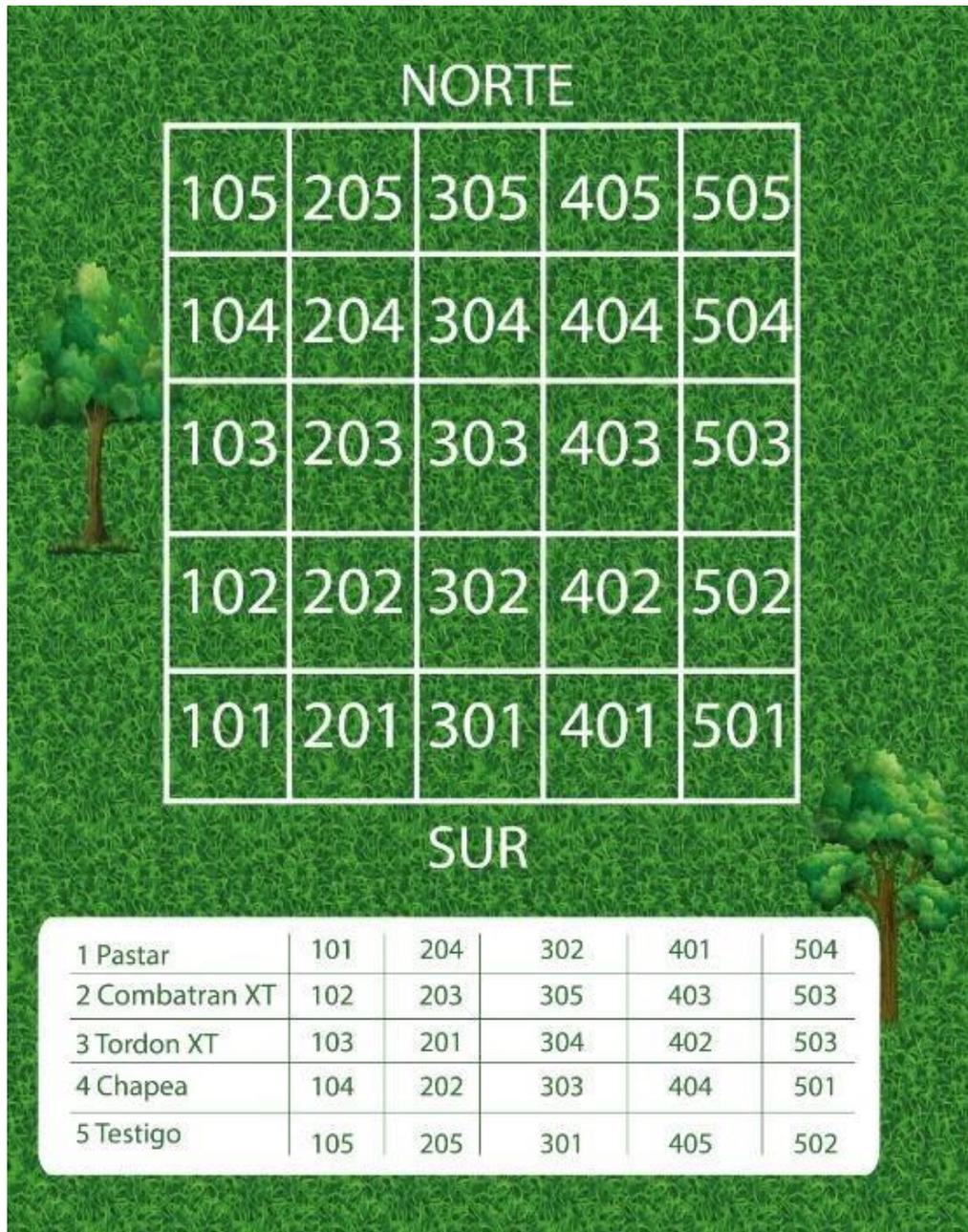


Figura 1. Disposición de los tratamientos evaluados para el control de malezas en los potreros.

3.4. Momento de aplicación

Antes de marcar y establecer las parcelas en el potrero elegido, se homogenizó el área chapeando con una motoguadaña mecánica a ras de suelo.

Luego se realizó un inventario de las malezas existentes antes de la aplicación de cada tratamiento. Las diferentes variables (chapea y agroquímico) se aplicaron 47 días después de esta homogenización, esto dependió básicamente del rebrote de las malezas. Cuando estas alcanzaron los 30 cm de altura aproximadamente, se aplicaron los tratamientos.

Esta área se delimitó por una cerca de alambre de púas para evitar el pisoteo y derribe de estacas que dividen cada una de las parcelas, que son aspectos que interfieren en la evaluación del experimento.

3.5. Variables Evaluadas

3.5.1. Selectividad

En cuanto a la selectividad se determinó el efecto de cada producto en el rendimiento del pasto, por lo que se realizó una evaluación visual del efecto del herbicida sobre el pasto, utilizando la metodología descrita por Gómez (2013) desarrollada por el European Weed Research Council (Cuadro 2).

Cuadro 2. Metodología de evaluación de selectividad.

Clasificación	Actividad %	Detalle
1	100,0	No efecto
2	99,9-98,0	Síntomas muy débiles
3	97,8-95,0	Síntomas débiles
4	94,9-90,0	Síntomas no se traducen en reducción de rendimiento
5	89,9-82,0	Mediano
6	81,9-70,0	Daño medianamente fuerte
7	69,9-55,0	Daño fuerte
8	54,9-30,0	Daño muy fuerte
9	29,9-0,0	Muerte Total

Esta evaluación se realizó a los 7, 15, 30 y 45 días después de la aplicación, la evaluación de los 45 días se realizó con el objetivo de observar el rebrote del pasto, y determinar si hubo o no efecto residual del producto en los rebrotes.

3.5.2. Rendimiento del pasto

En cuanto a estas evaluaciones se utilizó metodologías cuantitativas, las cuales permitieron, determinar un dato exacto de lo que se refleja en el campo. La primera variable a considerar es la altura de la planta, debido al efecto fitotóxico sobre las pasturas, por lo cual se verá reflejado directamente en el crecimiento, por lo que en este aspecto se tomaron 5 datos de cada parcela experimental, y se midió la altura del pasto cada 30 días, la primera medición fue 30 días después de la primera aplicación la cual se determinó con la siguiente fórmula se determinará el porcentaje de reducción de altura provocada por la aplicación de los herbicidas:

$$\text{Reducción de la altura} = \frac{(\text{altura del tratamiento} - \text{altura del testigo})}{\text{altura del testigo}} \times 100$$

Se evaluó la concentración de materia seca (MS) y el contenido nutricional. El rendimiento de la producción de biomasa del pasto de los diferentes tratamientos, se determinó (Figura 2): colocó un marco de 0,25 m² y con una cegadora este se cosecho cada marco y se obtuvo el peso fresco del material, luego se colocó en una bolsa de papel y se secó en una estufa a 65 °C por aproximadamente 48 horas y se obtuvo el peso seco. Con esa información se determinó la cantidad de agua del material y por consiguiente se medirá la cantidad de biomasa real de cada muestra. Por medio de análisis químicos se obtuvo los valores de proteína cruda (PC), fibra neutra detergente (FDN), materia seca (MS).



Figura 2. Muestreo del forraje *Brachiaria brizantha*.

Dichas evaluaciones se realizaron 30 después de las aplicaciones debido a la cosecha el cultivo es el tiempo real que las pasturas duran en

desarrollarse para que el ganado pastoreo. El rendimiento por tonelada de cada área se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento/ton} = \frac{(10000 * \text{peso seco})}{1000}$$

3.5.3. Control de malezas

El control de malezas, se realizó por medio de estimación visual, utilizando una escala lineal con intervalos constantes (Tasistro, 2000 citado por Gómez 2013), esta metodología permite determinar de una manera confiable el desarrollo y comportamiento de los tratamientos en el campo. Esta escala es porcentual y va de 0 a 100 en donde cada intervalo va aumentando gradualmente, como se muestra en el Cuadro 3. El área de evaluación corresponde a cada área aplicada (30 m²). A los 0 días de aplicado se realizará un conteo de las malezas en un área de un metro cuadrado por parcela, a las cuales se tomó la altura y el estado de desarrollo, con el fin de obtener datos iniciales del crecimiento y estado de la maleza.

Las evaluaciones de porcentaje de control se realizaron los 15, 30, 45, 60 días después de la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 3. Escala porcentual de evaluación de control de maleza, escala lineal con intervalos constantes.

Puntaje	Categoría	Descripción detallada
0	Sin efecto alguno	Sin control
10	Efectos ligeros	Control muy pobre
20	Efectos ligeros	Control pobre
30	Efectos ligeros	Control pobre a deficiente
40	Efectos moderados	Control deficiente
50	Efecto moderado	Control deficiente a moderado
60	Efecto moderado	Control moderado
70	Efectos severos	Control por debajo de satisfactorio
80	Efectos severos	Control satisfactorio a bueno
90	Efectos severos	Control muy bueno a excelente
100	Efecto completo	Control total

3.6. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos aleatorizados, con 5 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, cada parcela de aplicación representó una repetición.

3.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados por medio del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System). Se realizó un análisis de varianza tipo ANDEVA, junto con una prueba de comparación de medias con el método Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selectividad de los herbicidas

De las tres tomas de muestra establecidas por protocolo para la evaluación visual de fitotoxicidad de los herbicidas en el pasto, se observó que Combatrán XT provocó un efecto tipificado como de tipo 2 y 3 (síntomas muy leves o leves) en las dos primeras evaluaciones de la segunda aplicación en época lluviosa al pasto *Brachiaria brizantha* (Figura 3). Pese a lo anterior, no hubo retraso en el crecimiento ni clorosis significativa (amarillamiento). Además, se observó una decoloración en las puntas de algunas hojas del pasto, esto no siendo significativo y con ningún efecto en la producción de biomasa.



Figura 3. Daños fitotóxicos tipo 2 en el pasto *Brachiaria brizantha*, bajo la influencia del tratamiento Combatrán XT.

Al comparar los tres herbicidas químicos, se encuentran lecturas de síntomas leves o muy leves para los tres tratamientos en época de lluvias,

sin embargo, en época seca ninguno de los tratamientos mostró sintomatología adversa. Para el herbicida Combatrán XT en época de lluvia se encuentra con la lectura más alta con un 2,4 por su composición de ingrediente activo, sin embargo, no es significativo ($P>0,05$) (Figura 4).

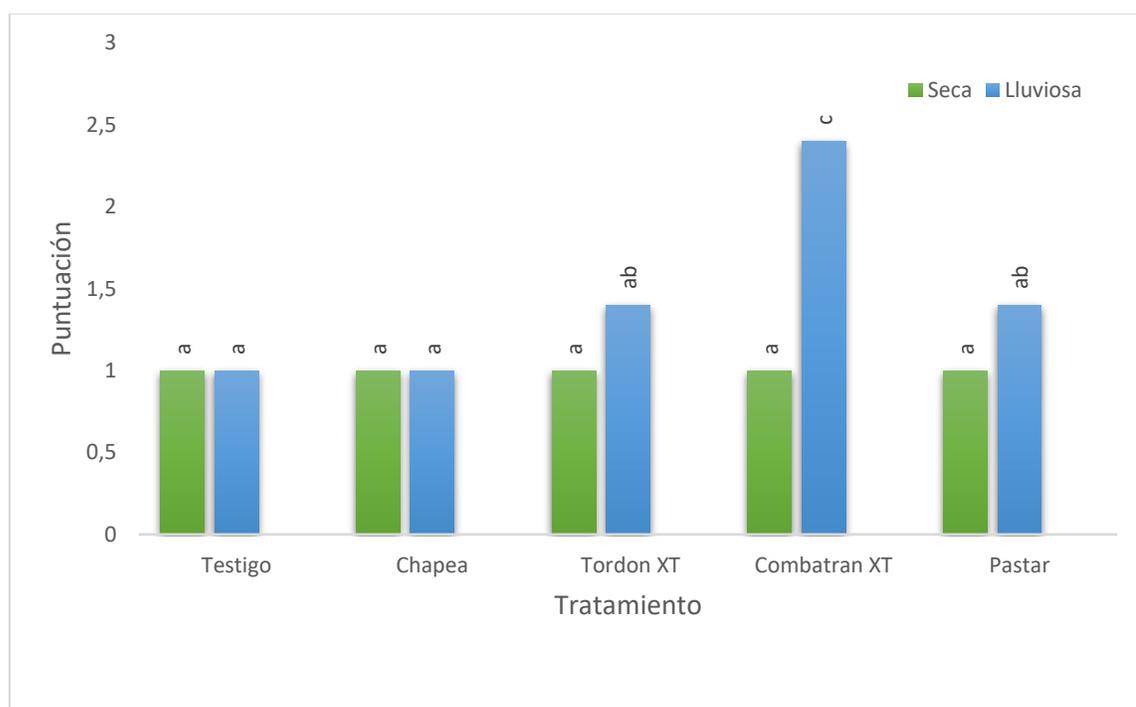


Figura 4. Resultados de la selectividad en los diferentes tratamientos evaluados en el control de malezas en el pasto *Brachiaria brizantha* para dos épocas.

Los datos la figura anterior resultan de la observación hecha y la aplicación de la escala del Cuadro 2 (Metodología de evaluación de selectividad). No se observaron daños fitotóxicos considerables en el pasto *Brachiaria brizantha* con ninguno de los tratamientos evaluados, en ninguna de las fechas de evaluación, lo cual confirma lo indicado por Esqueda *et al.* (2009), con respecto a la selectividad del ingrediente aminopyralid en el pasto

Brachiaria brizantha, no se observan daños fitotóxicos al aplicar un herbicida donde uno de sus ingredientes es aminopyralid.

Ningún ingrediente activo evaluado, presentó síntomas o daños fitotóxicos considerables en los pastos que provoque senescencia, únicamente el tratamiento correspondiente a Combatrán XT (Aminopyralid, 2-4d y Fluroxipir) presentó sintomatología leve, sin embargo, esta no representa amenaza alguna en el crecimiento normal del pasto. Esto básicamente se debe a que en la época lluviosa los ingredientes que componen a Combatrán XT se translocan más rápido y en mayor proporción que los otros tratamientos y es posible que algunas plantas sean susceptibles, sin embargo, no representa amenaza alguna para el crecimiento y calidad nutricional del pasto. Tal y como lo destaca Sarassa (2016), en el que la mezcla de: aminopyralid, Picloram y Fluroxipir, pueden utilizarse sin riesgo dentro de las pasturas para el control de las malezas de hoja ancha.

Por otro lado, según Hernández (2005), la aplicación de otros herbicidas como: terbutilazina, oxadiargyl y la mezcla de atrazina y metolador, sí muestran daños leves a moderados en el pasto *Brachiaria brizantha*, en cuanto al herbicida atrazina mostró selectividad al mismo pasto en aplicaciones presembrado y postemergencia. Es decir, si existen herbicidas que provocan algún nivel de fitotoxicidad en el pasto *Brachiaria brizantha*, no necesariamente es totalmente selectiva a todos los herbicidas, para el caso de este estudio ninguno de los tratamientos aplicados en la investigación es fitotóxicos a esta variedad de gramínea.

Según Esqueda *et al.* (2009), el alto control de malezas ofrecido y la alta selectividad hacia los pastos permite afirmar que la mezcla de aminopyralid + 2,4D es una excelente alternativa para el control de las malezas en los

pastizales tropicales, confirmando los resultados de esta investigación donde la fitotoxicidad no fue significativa.

4.2. Rendimiento del pasto

El rendimiento del pasto se evaluó por medio del crecimiento de éste y los efectos que causaron los diferentes tratamientos. Cada uno fue comparado con el testigo absoluto. En el tratamiento chapea se encontró un efecto negativo en el crecimiento del pasto. Al cortarlo totalmente en cada aplicación, lleva total desventaja en comparación con los otros tratamientos ya que existe una pérdida de área de las plantas. El tratamiento Tordón XT es ligeramente superior al tratamiento Combratrán XT en el crecimiento, sin embargo, no es estadísticamente significativo. El tratamiento Pastar tiene efectos positivos, pero no tan importantes como los otros dos tratamientos hormonales como se muestra en la Figura 5.

Esqueda *et al.* (2010), obtuvieron resultados similares al comparar tratamiento chapea y control químico, es más eficiente en el crecimiento de los pastos el uso de herbicidas sintéticos sistémicos es importante recalcar que los chapeos se recomiendan para superficies pequeñas y solo controlan las malezas por tiempo reducido ya que se producen podas, que eliminan la planta y estimulan las yemas laterales del tallo, lo que agrava el problema de infestación.

En la Figura 5, se observa el porcentaje de reducción de la pastura al día 30 de aplicación, en la cual se determina que hubo un aumento en el crecimiento del pasto con los tratamientos sintéticos sistémicos, esto puede deberse, según Esqueda *et al.* (2010), a que la aplicación de herbicidas reguladores del crecimiento, reducen significativamente las poblaciones de malezas de hoja ancha, lo que implica un aumento en la producción de

forraje. Lo anterior es de vital importancia para los ganaderos, ya que será más eficiente y notable el crecimiento del pasto en potreros sembrados de pasto mejorado y con el control químico de malezas.

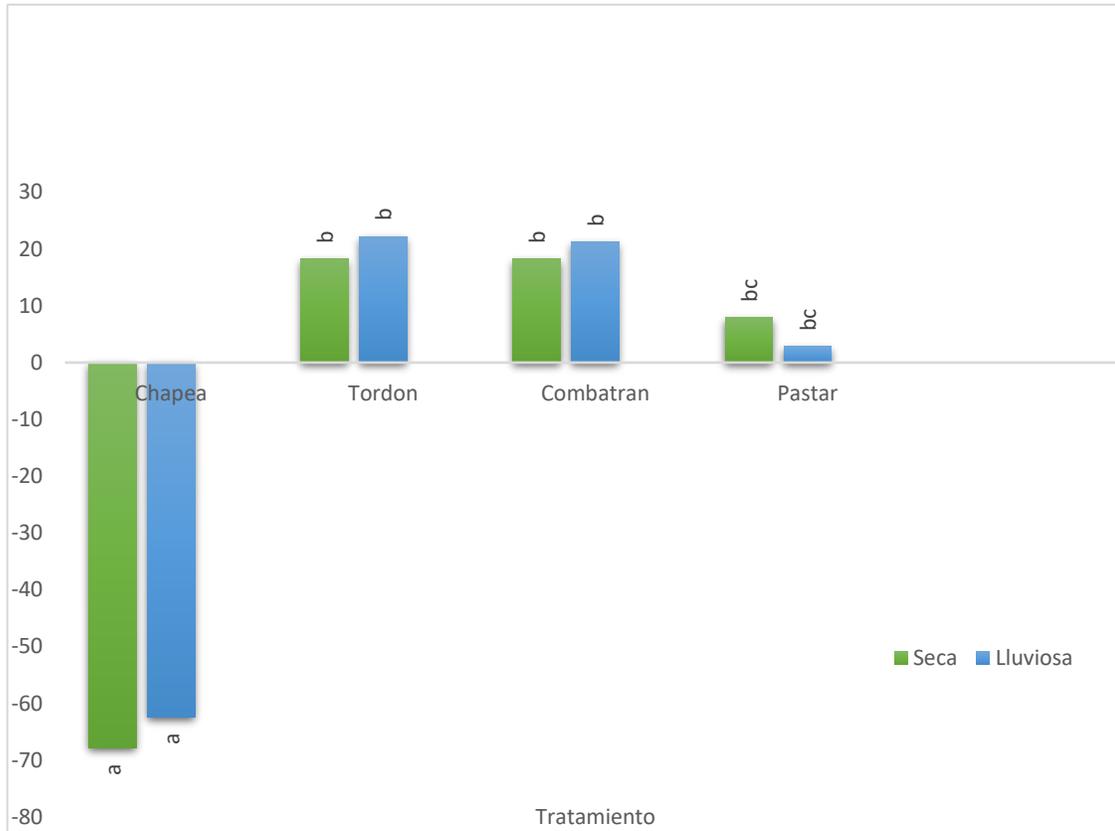


Figura 5. Reducción del crecimiento del pasto *Brachiaria brizantha* al día 30 de aplicación de diferentes tratamientos químicos y chapea.

4.3. Composición nutricional del pasto

En general los resultados obtenidos en esta investigación se observan el Cuadro 4, donde se amplía los valores obtenidos de concentración de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra neutro detergente (FDN) del pasto *Brachiaria brizantha* bajo la influencia de diversos tratamientos de herbicidas para el control de malezas de hoja ancha.

Cuadro 4. Composición nutricional del pasto *Brachiaria brizantha* bajo la influencia de distintos herbicidas.

Composición nutricional			
Tratamiento	MS, %	PC, %	FDN, %
<i>Época seca</i>			
Testigo	32,8 ^a	10,6 ^a	55,8 ^a
Chapea	33,5 ^a	15,3 ^b	51,6 ^b
Pastar 360	28,6 ^b	10,7 ^a	56,7 ^a
Combatrán XT	27,9 ^b	10,8 ^a	56,4 ^a
Tordon	31,0 ^a	10,0 ^a	57,0 ^a
<i>Época lluviosa</i>			
Testigo	34,5 ^a	7,8 ^b	60,0 ^a
Chapea	28,3 ^b	10,0 ^a	54,5 ^b
Pastar 360	33,9 ^a	8,0 ^a	59,3 ^a
Combatrán XT	32,8 ^a	7,6 ^b	59,1 ^a
Tordón	32,0 ^a	7,7 ^b	59,2 ^a

^{abc} Letras distintas en una misma columna y en una misma época indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.3.1. Materia seca

En el caso del período de época seca, las parcelas sometidas a tratamientos químicos con Pastar y Combatrán XT mostraron valores de

materia seca menores que en las parcelas no tratadas y las sometidas a control mecánico. Durante la época lluviosa, el tratamiento de control mecánico mostró estadísticamente valores significativos de materia seca más bajos que todos los demás tratamientos.

En la época seca, los tratamientos con herbicidas sintéticos tienen menor control de malezas, debido a la limitada absorción al no haber crecimiento por parte de la maleza, por consiguiente, la concentración de materia seca es menor por encontrar mayor presencia de malezas en comparación con el control chapea. En la época lluviosa los resultados son diferentes y en el tratamiento chapea se obtienen datos bajos de producción de materia seca en comparación con los otros tratamientos, incluso con el testigo.

Lo anterior indica que al comparar el tratamiento chapea y los herbicidas sintéticos existe una diferencia de materia seca en la época lluviosa de un 16,5 a 11,5 % aproximadamente, siendo la aplicación de herbicidas sintéticos para control de malezas en potreros con un porcentaje mayor de materia seca.

Es importante señalar, que durante el período de evaluación se observó un comportamiento muy similar en producción de biomasa forrajera entre las parcelas recibiendo los tratamientos Tordón y Pastar. Esto coincide con Barahona y Medina (2006), donde destaca que la producción de biomasa forrajera es más baja durante los meses de sequía y se incrementa durante los meses de lluvia. El control más eficiente de malezas se obtuvo con el tratamiento de Aminopyralid + 2,4-d y Picloram + 2,4-d en comparación con el control manual, se reflejó en mayor producción de materia seca de forraje.

Villalobos y Arce (2014) afirmaron que el contenido de materia seca del pasto estrella africana varió con base en la climatología en la región de

Monteverde (Puntarenas) mostrando valores de hasta 29,47 % en época seca hasta llegar a 18,55 % en época lluviosa.

Ramírez *et al.* (2012), concluye que la edad y las condiciones edafoclimáticas tuvieron marcado efecto en el comportamiento de los indicadores evaluados (FND y PC), al aumentar el rendimiento y disminuir la calidad, en la medida que el pasto envejece.

Al realizar la comparación de los tratamientos evaluados, queda demostrado que el tratamiento de control de malezas chapea es el menos eficiente, debido al rebrote de las malezas y por lo tanto la producción de materia seca del pasto en general será menor en el tiempo. Los ganaderos deben de utilizar métodos eficientes donde las malezas no compitan con el pasto por luz, espacio, agua, nutrientes.

4.3.2. Proteína cruda (PC)

En el Cuadro 4, se muestran los valores de proteína cruda expresada como porcentaje de la materia seca de los pastos que crecieron en las parcelas sometidas a los distintos métodos de control de malezas durante las dos épocas del estudio. Los valores obtenidos son los promedios de todas las repeticiones (5 parcelas por tratamiento, 3 muestras por parcela), medidos a los 30 días luego de aplicar los tratamientos.

Durante la época de menor precipitación los valores de PC fueron más elevados (10 y 15 % de PC), que en la época más lluviosa (7,7 y 10,0 % de PC); lo anterior es similares a los resultados que obtuvieron Lobo y Solano (1997), en para el pasto *Brachiaria brizantha* cv Diamantes 1, con seis semanas de edad en la zona norte contiene porcentaje de PC de hasta 13 %

y en la época de máxima precipitación el porcentaje de proteína cruda es de 9,2 % y en el de menor precipitación de 12,6 %.

En ambas épocas, las parcelas sometidas al control mecánico (chapea) tuvieron valores estadísticamente significativos, más elevados de proteína cruda que todos los otros métodos de control de malezas, incluyendo el testigo (Cuadro 4). En el protocolo del proyecto se estableció que las aplicaciones de cada tratamiento sería totales en cada parcela (agroquímico y chapea), por consiguiente, las parcelas de la variable chapean, fueron sometidas a un segado total de pasto y maleza.

En los muestreos realizados en la época seca y la lluviosa, fueron tomadas en las parcelas de chapea, del pasto más joven o con menos días de rebrote. A pesar de que la chapea tiene diferencias de hasta 5,0 % máximo y de 2,3 % mínimo de PC, con respecto a los herbicidas, los porcentajes de proteína cruda son sostenibles en menor presencia de malezas en los tratamientos con herbicidas sintéticos. Según Avella (2017), esto puede deberse a que el contenido de proteína de un forraje puede ser afectado por frecuencias de toma de muestra, seguido de los días de pluviosidad. Cuando el pasto está más tierno, presenta mayor contenido de proteína cruda. Además, Rincón (2008), afirmó que los pastos tropicales es estado joven se caracterizan por tener mejor calidad en términos de proteína cruda, sin embargo, el contenido de agua es mayor y la disponibilidad de biomasa a esta edad es baja.

Según Esqueda *et al.* (2003), en el primer corte, todos los tratamientos mostraron contenidos estadísticamente semejantes de proteína cruda y materia orgánica, si bien, en el testigo enhierbado se observó un menor contenido de proteína cruda. Sin embargo, aunque a nivel individual no existieron diferencias evidentes en la concentración de proteína cruda, al calcular la cantidad de proteína cruda por hectárea, se observó que los

tratamientos de control químico superaron ampliamente al testigo enhierbado y en menor proporción al control manual. En el segundo corte, no hubo diferencias entre tratamientos en ninguno de los factores evaluados, a excepción de la cantidad de proteína cruda por hectárea, en la que nuevamente los tratamientos de control químico produjeron la mayor cantidad de ésta, si bien, en el forraje producido con el Tordón 101 y el control manual no hubo diferencia estadística (aunque si numérica) en la cantidad de proteína.

En la investigación de Rincón (2008) se encontró que la composición química después de la aplicación del herbicida, al día 30 el tratamiento chapeo con machete fue superior en porcentaje de proteína cruda al compararlo con los tratamientos de herbicidas sintéticos, sin embargo, no con diferencias significativas. Además, en la época de lluvias, la calidad nutricional del pasto estrella de africana dada por sus contenidos de proteína cruda y fibra detergente neutro no fue afectada por el método de control de malezas, sin embargo, en la época de invierno, en las parcelas con control químico de las malezas el pasto tuvo mayor contenido de proteína cruda.

En la investigación de Ramírez *et al.* (2010) se encontró que el tenor de PC disminuyó con la edad del material evaluado y los mayores valores correspondieron al cultivar con 30 días de edad. Hubo descenso gradual y progresivo de este indicador con la edad hasta los 105 días de rebrote. La disminución fue de 8 y 7 unidades porcentuales, desde los 30 hasta los 105 días de rebrote, para el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente.

Al comparar los resultados obtenidos en la investigación con las referencias citadas, se confirma que la concentración expresada en porcentaje de proteína cruda será mayor en las parcelas del tratamiento chapea. Además, el porcentaje de proteína cruda en el pasto en zonas donde

la precipitación y nubosidad en la época lluviosa es muy alta, es menor con respecto al porcentaje que se puede obtener en época seca o de menor precipitación.

4.3.3. Fibra Detergente Neutra (FDN)

La fracción fibrosa del forraje (FDN), cosechado en todas las parcelas experimentales para los dos períodos de evaluación, se muestra en el Cuadro 4. En concordancia con la información de la proteína cruda, las pasturas de las parcelas sometidas a control mecánico tuvieron un cinco por ciento menos de fibra que todas las demás (51,6 vs 56,0 en la época seca y 54 vs 59 en la lluviosa). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para ambos períodos. Esta se debe a que, a menor edad del pasto, menor es su pared celular, es decir, es un pasto más joven y de más calidad.

Los porcentajes de FND comparados todos los tratamientos, en ambas épocas (seca y lluviosa), en las parcelas con tratamiento de herbicidas sintéticos se encontraron resultados más altos al tener una mayor edad, y con diferencias significativas.

Esqueda *et al.* (2010), afirmaron que a los 42 DDA, la mayor concentración de fibra detergente neutro se encontró en los pastos del testigo sin aplicación, siendo semejante a la del control con machete, que, a su vez, fue estadísticamente similar a la de los dos tratamientos de control químico. Sin embargo, esta situación no se observó a los 98 DDA en donde no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para esta variable. Sin embargo, a los 160 DDA, se volvió a observar un mayor contenido de

este componente en el tratamiento de control con machete y el testigo sin aplicar.

Avella (2017), afirma que la frecuencia de defoliación hecha a los pastos no afecta el contenido de FND, cuando se realizó el corte o defoliación, obteniéndose promedios entre 63 y 77 % en *B. humidicola*, en caso del pasto Toledo si presentó una diferencia media y los promedios varían entre 65 y 82 % de FDN. Al describir las relaciones entre FDN y días transcurridos en corte y pluviosidad se encontró que por cada día transcurrido en el tiempo, existe un incremento en la concentración de FDN.

Según Ramírez *et al.* (2010), el incremento de los porcentajes de FND con la edad pudiera estar relacionado con los cambios fisiológicos que ocurre al envejecer la planta, lo que provoca la disminución de la proporción del contenido celular citoplasmáticos, la reducción del lumen celular con sus componentes fibrosos, y se acentúa mucho más al incrementarse el rendimiento debido a la mayor acumulación de agua, disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Villalobos y Arce (2014), afirmaron que el contenido de FND (pared celular) promedio en el pasto estrella africana en la zona de Monteverde de Puntarenas (64,21 %), repercute negativamente en la digestibilidad de la materia seca, lo que origina a su vez una baja producción animal.

Para Esqueda *et al.* (2003), con respecto a la fibra neutro detergente, se observó que su contenido se incrementó significativamente en el testigo enhierbado, aunque fue semejante al obtenido con el control manual. Esto se traduce en menor valor nutritivo para el animal, ya que un mayor contenido de fibra afecta el consumo voluntario del forraje.

4.4. Producción por hectárea

4.4.1. Materia Seca (ton/ ha)

La producción del forraje, expresada como materia seca por hectárea, fue superior en la época de menor precipitación que en la de más lluvias, según se muestra en el Cuadro 5, en la que se nota que el exceso de precipitación, la nubosidad y la edad del pasto afectan negativamente el crecimiento y calidad de los pastos en la Zona Huetar Norte de Costa Rica.

El control de malezas mecánico no selectivo afectó negativamente la producción del pasto respecto a todas las demás estrategias de control. En el protocolo inicial se determinó hacer aplicaciones totales, por consiguiente, el tratamiento chapea, las parcelas respectivas se tuvieron que cortar sin seleccionar el pasto. La única excepción fue que en la época de mayor precipitación el tratamiento con Tordón XT no fue estadísticamente diferente al testigo absoluto.

En la época de menor precipitación las parcelas sometidas al control con Pastar mostraron una menor pero estadísticamente significativa producción respecto al de las parcelas a las que se aplicó Tordón, pero fueron mejores que el control mecánico. Estos resultados son evidencia de que los herbicidas sintéticos sistémicos para su adecuada traslocación hacia las raíces de las malezas necesitan humedad en el suelo para que exista crecimiento en estas. En contraposición, durante el período de mayor precipitación, las parcelas con Tordón XT aplicado tuvieron la menor producción (similar al control mecánico), seguidas por el testigo, siendo los tratamientos con Combatrán XT y Pastar en los que se logró la mayor producción del pasto. Estos dos últimos herbicidas, por los ingredientes y concentración que contienen, presentan mejor desempeño en control de

malezas presentes, obteniendo resultados de mayor producción de materia seca y menos malezas.

Según Del Pozo (2002), lo anterior podría relacionarse a que el volumen de agua por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, debido a la estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos de gran complejidad.

Esqueda *et al.* 2003. afirmaron que, en la primera época de evaluación, el Arbuskip y el Tordón 101, tuvieron una producción de materia seca superior a los 3,400 kg/ha, la cual fue estadísticamente superior a la producción que se obtuvo con el tratamiento de chapeo manual y a la del testigo enhierbado. En todos los tratamientos, se observó una reducción en la producción de materia seca entre una época de evaluación y la siguiente, debido a la paulatina disminución de la precipitación pluvial. En la tercera y cuarta evaluaciones, el Arbuskip y el Tordón 101 produjeron una cantidad semejante de materia seca, superando estadísticamente a las producidas con el control manual y en el testigo enhierbado, cuyas producciones no fueron significativamente diferentes entre sí.

Si se suman las producciones de ambas mediciones para establecer una medida por año, el tratamiento Combatrán XT es el de mayor número (40,8 ton/ha/año), seguido de Pastar (37,8 ton/ha/año) y Tordón XT (37,7 ton/ha/año), en ese orden. Por debajo de los tratamientos químicos se encuentra el testigo absoluto (36,6 ton/ha/año) y por último el control mecánico (13,7 ton/ha/año). Esto se calculó tomando tres muestras de un metro cuadrado cada una en cada parcela, teniendo cada tratamiento 5 parcelas de 30 m².

Los valores anteriores, son similares a los medidos por Lobo y Solano (1997), para el pasto Diamantes 1 (*Brachiaria brizantha*), en la zona de Guápiles, a las seis semanas de edad, en época de máxima precipitación, donde indican que este pasto medido sin presencia de malezas y sin ninguna aplicación de herbicida, produce 3825 kilos, es decir, alrededor de 31025 Kg de Ms/Ha/ año y 2095 kilos en época de mínima precipitación, es decir, 16992 Kg de Ms/Ha/ año. Por otro lado, Arronis (2007), encontró que de este mismo forraje en la región Brunca de Costa Rica es de alrededor de 30 ton/ha/año.

Avella (2017) y Del Pozo (2002) afirman que la precipitación tiene influencia porque el volumen de lluvia y su distribución a través del año ejerce efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, esto debido a la estrecha relación que tiene con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos. Por lo cual tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés.

Orozco (2017), señala que *Brachiaria brizantha* en el pacífico central de Costa Rica y en época seca, fue medida su producción, y en 56 días logra una producción de 3313 kilos de materia seca, que traspolado a 365 días arrojaría una producción anual de alrededor de 20 toneladas métricas por hectárea por año.

Ramírez *et al.* (2010), afirman que el rendimiento de materia seca se relacionó con la edad y se incrementó significativamente hasta los 90 días. El incremento del rendimiento con la edad hasta los 90 días pudo deberse, principalmente, al proceso fotosintético que suministra las sustancias y energías necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta. La disminución del rendimiento a los 105 días de edad se debe a la maduración y aparición de la floración, disminuyendo la cantidad y calidad de forraje,

debido, entre otros aspectos, que los nutrientes son movilizados al proceso de floración.

Villalobos y Arce (2014), afirmaron que debido a las variaciones en el contenido de MS del pasto estrella africana en la zona de Monteverde de Puntarenas, los productores de ganado de leche deben monitorear y ajustar las dietas de MS y de fibra efectiva proveniente del pasto, principalmente en los meses de transición (inicio de época seca e inicio de época lluviosa), lo cual finalmente puede afectar el contenido de sólidos en leche y el pago al productor.

Al comparar las referencias citadas con los datos obtenidos en la investigación, se demuestra que la precipitación y la edad afecta negativamente la producción de pasto (toneladas de materia seca por hectárea), y a la vez el tratamiento de control de malezas conocido como chapea es totalmente negativo para los intereses de producción de un ganadero con un sistema que su principal objetivo sea la rentabilidad.

Cuadro 5. Efecto de los diferentes tratamientos para el control de malezas en la producción de forraje por hectárea (ton/ha), en dos épocas del año.

Época	Tratamientos				
	Testigo	Chapea	Pastar	Combatrán XT	Tordón XT
Seca	23,2 ^{b,c}	6,8 ^a	19,7 ^b	22,5 ^{b,c}	26,6 ^c
Lluviosa	13,4 ^{b,c}	6,9 ^a	18,1 ^c	18,3 ^c	11,1 ^{a,b}

^c Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.4.2. Proteína cruda ton/ha

Las parcelas donde se aplicaron los herbicidas sintéticos muestran un resultado mayor de producción de proteína cruda con respecto al tratamiento chapea (Cuadro 6). Sin bien es cierto con el tratamiento chapea se obtienen porcentajes de proteína cruda más altas que los otros tratamientos, los resultados de producción de materia seca en los tratamientos con herbicidas sintéticos sistémicos fueron superior. Por consiguiente, al determinar el tonelaje de proteína cruda por área, los tratamientos herbicidas tendrán valores superiores.

Cuadro 6. Efecto de los distintos controles de malezas en la producción de proteína cruda (ton/ha) del pasto *Brachiaria brizantha*.

Época	Tratamiento				
	Testigo	Chapea	Pastar	Comatrán XT	Tordón XT
Seca	2,45 ^{b,c}	1,06 ^a	2,09 ^b	2,42 ^{b,c}	2,66 ^c
Lluviosa	1,04 ^{b,c}	0,67 ^a	1,42 ^c	1,36 ^{b,c}	0,87 ^{a,b}

^{abc} Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos.

El tratamiento Comatrán XT fue superior que todos los demás, seguido de Pastar y Tordon. Sin bien es cierto, el porcentaje de proteína cruda en las muestras obtenidas en las parcelas del tratamiento chapea son mayor que los demás, al transpolar los valores de producción por área, los tratamientos de herbicidas sintéticos son más productivos. En época seca el tratamiento Tordón XT produjo 2,5 veces más proteína que el tratamiento Chapea y el tratamiento Comatrán XT produjo 2,3 veces más que el tratamiento Chapea. En época lluviosa el tratamiento Pastar supera el tratamiento chapea 2,1 vez y el tratamiento Comatrán XT supera al

tratamiento chapea 2,0 veces. Si se analizan los datos de los dos muestreos obtenidos, el tratamiento Combatrán XT supera al tratamiento Chapea 2,1 veces.

Esqueda *et al.* (2010), encontraron que los tratamientos de Tordón y Pastar 360 produjeron 919 y 843 kg de proteína por ha por año, mientras que, con los tratamientos de mezcla, guadaña y control, solamente se produjeron 730, 658 y 517, respectivamente. Así, con los dos primeros tratamientos se produjeron 1,78 y 1,63 veces más proteína que la obtenida en el tratamiento control.

Miranda (1991) citado por Lobo y Solano (1997), indican que la producción de kilogramo de proteína cruda por hectárea del pasto Diamantes 1 en la Zona de Rio Frio (Huetar Atlántica) de Costa Rica, varía significativamente de acuerdo con la época del año. En invierno o época de mayor precipitación, con seis semanas de edad, la producción es de 164 kilos de proteína cruda por hectárea (1,33 toneladas métricas por hectárea por año) y en verano o época de menor precipitación, la producción es de 266 kilos de proteína por hectárea (2,16 toneladas métricas por hectárea por año).

Al comparar los datos obtenidos en la investigación con la referencia citada, es claro y evidente que el uso de herbicidas sintéticos sistémicos para el control de malezas en potreros sembrados de pasto mejorado genera una mayor producción de proteína cruda por área por año.

4.5. Control de Malezas

El impacto de los distintos tratamientos sobre el control de las malezas de: bledo (*Amaranthus spinosus*), dormilona (*Mimosa púdica*), zarza (*Mimosa Pigra*), Escoba Blanca (*Sida rhombifolia*), Vivorana (*Asclepias curassavica*),

Quiebra Plato (*Senna obtusifolia*) para los dos muestreos (época seca y de lluvia) se presenta en la Figura 8.

Los datos son el peso (gramos) de las malezas en fresco presentes 30 días post-aplicación. En la época de menor precipitación (febrero-abril) al encontrar menor cobertura de malezas en general, el mejor control se logró con el combate mecánico (chapea) , los otros tratamientos presentan un control deficiente al tener limitantes de absorción; es común que al ser época de menor precipitación y no haya crecimiento de las malezas, los herbicidas sintéticos tengan la limitación de ser traslocados hacia la raíz por el floema; en el período de lluvias (mayo-julio) los tratamientos químicos fueron superior y efectivos para el control de las malezas con un control total, esto se referencia al encontrar cero presencia de malezas en los pesajes de los tratamientos Combatrán XT y Tordón XT seguidos por el tratamiento Pastar, mientras que los tratamientos Chapea y Testigo la presencia de malezas fue evidente. Hay que destacar el nivel de cobertura de malezas en el área utilizada para la investigación.

Después de la “homogenización” de toda el área utilizando chapea total, a los 30 días aproximadamente se observó un 50 % de cobertura de malezas. En el grafico 6 encontramos la diferencia del control de las malezas en las tres observaciones después de la aplicación (15, 30 y 45 días) en las dos épocas de muestreo. Es evidente la contundencia de control en el tratamiento Combatrán XT en la evaluación al día 30 en época de lluvias, seguido de Tordón XT y Pastar. No teniendo diferencias significativas estadísticamente.

Esqueda *et al.* (2010) afirman que, en el control de *P. prismática*, la mezcla de Picloram + Fluroxipir proporcionó un control de esta especie superior al 99 % en todas las épocas de evaluación; a su vez, Picloram + 2,4-D tuvo un control total hasta los 98 DDA y al final, éste fue ligeramente inferior

a 99 %. En todas las épocas de evaluación, los controles obtenidos con ambos tratamientos herbicidas fueron estadísticamente semejantes entre sí, y superiores a los obtenidos con el chapeo manual, cuyo control a los 42 DDA fue de 86,3 %, y se redujo paulatinamente hasta terminar en 73,8 % a los 223 DDA.

En general, Barahona y Medina (2004), afirman que la cobertura debida a malezas fue menor en las parcelas que recibieron los tres tratamientos químicos (Tordon, Pastar 360 y La Mezcla), intermedia en el tratamiento de guadaña y mucha más alta en el tratamiento control.

Amador et al. (2004) afirmaron que las diferencias en dominancia de malezas entre años podrían ser atribuidas a factores tales como sitio experimental, rotación de cultivos y disponibilidad de humedad.

Espinoza (2005), afirmo que en el conteo a los siete y 28 días post-aplicación observó una disminución de carbón (maleza) con la aplicación de los tres herbicidas, en el conteo a los 56 días, observó un aumento de las malezas, lo que se atribuye que cuando se hizo la aplicación las semillas de carbón en el suelo no tenían las condiciones favorables para germinar por lo que permanecieron en latencia hasta tener condiciones favorables.

Esqueda *et al.* (2003) confirmaron que, en las parcelas correspondientes al tratamiento de control manual, en la primera evaluación después del chapeo, la cobertura de las malezas se redujo a 47,5 % y después aumentó ligeramente en las siguientes épocas de evaluación. En todas las evaluaciones realizadas, la cobertura de malezas de este tratamiento fue estadísticamente semejante a la del testigo enhierbado y ambos tratamientos tuvieron una cobertura de malezas significativamente más alta que los tratamientos de Arbuskip y Tordón 101. En el testigo enhierbado, la cobertura de malezas aumentó hasta un 75 % a los 98 DDA,

para finalmente disminuir a 65 % a los 223 DDA, debido principalmente a que los dos últimos muestreos se llevaron a cabo en la época seca, lo que afectó el desarrollo de la vegetación.

Sarassa (2016), afirmó en la evaluación del control de *Tanaecium exitiosum* que los tratamientos (Aminopyralid + Picloram + Fluroxypyr) presentaron un control bajo a los 30 y 60 DDA ya que el producto aún no ha hecho un efecto completo por ser un producto sistémico y por estar en unas condiciones adversas de verano.

Al comparar con las referencias citadas, el factor lluvia o humedad, para obtener un crecimiento sostenido de las malezas, y por consiguiente la absorción de los herbicidas sintéticos, es vital. El buen desempeño de cualquier producto sintético y sistémico está estrechamente asociado a las lluvias y crecimiento de las malezas.

Cuadro 7. Efecto de la chapea y de tres distintos herbicidas sobre el control de malezas (peso de las malezas en gramos) en potreros, en dos épocas del año (verano e invierno).

Época	Tratamiento				
	Testigo	Chapea	Pastar	Combatrán XT	Tordón XT
Seca	43 ^b	5 ^a	44 ^b	33 ^b	10 ^a
Lluviosa	80 ^c	40 ^b	5 ^a	0 ^a	0 ^a

abc Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

Según lo establecido en el método de la investigación, en el Cuadro 3 se detalla la escala de evaluación del control de las malezas. Por ejemplo, el tratamiento Tordón XT en época de lluvias, 15 días después de aplicación se observó un control de un 50 %, o bien otro ejemplo es el tratamiento Combatrán XT en época seca, 45 días después de la aplicación se observó un control de un 96 %.

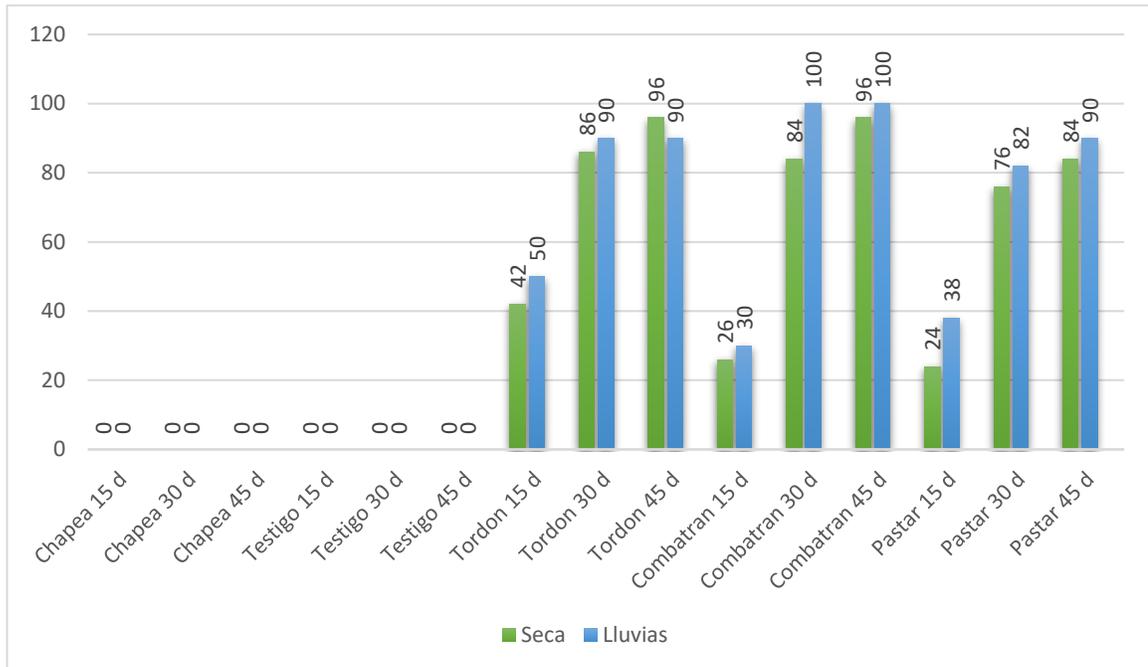


Figura 6. Composición porcentual de las malezas presentes en cada tratamiento evaluado durante dos épocas climáticas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los porcentajes más altos de materia seca en las muestras recolectadas se obtuvieron en las parcelas con los tratamientos aplicados: Pastar y Combatrán XT. Por otro lado, los porcentajes más altos de proteína cruda y fibra neutro detergente se obtuvieron de las parcelas con el tratamiento chapea.

La mayor productividad de materias seca y proteína cruda por hectárea de los tratamientos evaluados fue en el siguiente orden de mayor a menor: Combatrán XT, Pastar y Tordón XT.

En cuanto a la producción de peso fresco se obtuvo de las parcelas con los tratamientos que obtuvieron mayor producción fue en el caso de época seca Tordon XT en época seca y en la época lluviosa fue Combatrán XT.

Es importante recalcar que los tratamientos herbicidas evaluados en este estudio no provocaron un retraso alguno en el crecimiento del pasto y ni signos visibles de fitotoxicidad.

El tratamiento testigo presenta resultados similares en algunos de las variables evaluadas a algunos tratamientos sintéticos sistémicos, sin embargo, al no existir un control de malezas a corto plazo, el potrero tendrá menos capacidad de alojar animales.

Los mejores resultados de control de malezas y composición química del pasto se obtienen después de aplicar herbicidas sintéticos sistémicos en la época lluviosa

5.2. Recomendaciones

Es importante evaluar en otra investigación los tratamientos de herbicidas con mayor dosis por hectárea para observar la máxima tolerancia de *Brachiaria brizantha* a los diferentes ingredientes activos y también incluir en los tratamientos semovientes presentes así obtener mejores resultados

Lo recomendable para los ganaderos, en el control de malezas en potreros con herbicidas sintéticos es más eficiente y de mejor desempeño al compararlos con el método de control chapea o manual, siempre y cuando sean aplicados en la época, dosis y volumen de agua por área recomendado por el fabricante.

No se recomienda emplear el método chapea en el control de malezas ya que es ineficiente, en comparación con los métodos químicos.

Utilizar el herbicida Combatrán XT para control de malezas en Hacienda Tridente de San Carlos, a la dosis que se usó en la investigación.

Se recomienda hacer las aplicaciones de herbicida durante la época de lluvias, cuando la maleza está en crecimiento y así favorecer la traslocación del herbicida hasta la raíz.

Para facilitar la aplicación de los herbicidas sistémicos sintéticos, estos deben ser con equipo de fumigación terrestre y manual. Los equipos de fumigación mecánicos (bomba de motor) no son diseñados para aplicar herbicidas en potreros.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A; Nieuwenhuyse, A. 2009. Manejo Integral de Malezas en Pasturas. 1 ed. Managua, Nicaragua. CATIE. 180p.
- Amador, R; Acosta, E; Escobedo J; Gutiérrez R. 2004. Control de malezas con escardas y herbicidas pre emergentes en frijol en Zacatecas. Folleto científico # 6. Zacatecas, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 24 p.
- Arronis, V. 2005. Descripción y adaptación de forrajes. Asociación Costarricense de ciencias del suelo. San José, Costa Rica. Imprenta Nacional. 6 p.
- Arronis, V. 2010. Manual de recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne bovina. INTA. San José, Costa Rica. 24 p.
- Avella, L. 2017. Análisis de la composición nutricional de *Brachiaria Humidicola* y *Brachiaria Toledo* en el Pie de monte llanero. Trabajo de Grado. Bogotá, Colombia, Universidad de La Salle. 33 p.
- Barahona, Medina. 2004. Producción de praderas bajo dos sistemas de manejo de malezas de hoja ancha. Medellín, Colombia. Tesis Msc. 92 p.
- Benejam, L. 2006. Técnicas de Control de Malezas en Potreros. X Seminario de Pastos y Forrajes. Caracas, Venezuela. 10 p.
- Del Pozo, P.P. 2002. Bases eco fisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Pastos, XXXII (2): 109-137.

- Espinoza, C. 2005. Evaluación del control químico de carbón (*Mimosa tenuiflora*) en potreros con pasto *Brachiaria (Brachiaria brizantha)*. Tesis Lic, Tegucigalpa, Honduras, Universidad Zamorano. 19 p.
- Esqueda, V; Montero, M; Juárez, F. 2003. Comparación del control químico contra el chapeo de las malezas en la productividad y calidad de pastos. INIFAP. México.13 p.
- Esqueda, V; Montero, M; Juárez, F. 2010. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto llanero. *Agronomía Mesoamericana*. 21 (1): 145-157.
- Esqueda, V; Rosales, E; Tosquy, O. 2009. Efectividad de Aminopyralid + 2,4-d sobre cuatro especies de malezas en pastizales tropicales. *Agronomía Mesoamericana*. 20(1):71-79.
- Esqueda, V; Tosquy O; Rosales E. 2005. Efectividad de la mezcla Picloram y Fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. *Agronomía Costarricense*. 16(2):185-190.
- Frene, R. 2015. Control de malezas en pasturas: los primeros 100. *Producir* XX: 290.
- Gómez, H. 2013. Evaluación de diferentes tratamientos para el control de arvenses del género *Sida* en el establecimiento de pasturas mejoradas en la región Chorotega de Costa Rica. Anteproyecto de tesis. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Hernández, M. 2005. Evaluación de la selectividad de herbicidas y el control de malezas durante la fase de establecimiento de los pastos *Panicum maximun*, *Brachiaria brizantha* y *B. Decumbens*. Tesis de posgrado en Ciencias Agrícolas y recursos naturales. Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica. 106 p.

- INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). 2016. Manual del protagonista pastos y forrajes. Instituto Nacional Tecnológico. Nicaragua. 96 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2015. IV Censo Nacional Agropecuario: Resultados generales. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. San José, Costa Rica. 146 p.
- Leguizamón, E. 2000. Las malezas y el agroecosistema. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. 9 p.
- Lemus De Jesús. 2008. Análisis de productividad de pasturas en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Tesis Msc, Turrialba, Costa Rica, Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 126 p.
- Lobo, M; Solano, J. 1997. Especies forrajeras liberadas en Costa Rica. PROGASA, MAG, BID. Costa Rica. 71 p.
- Montoya, J. 2017. Comportamiento de los herbicidas en el suelo. Argentina: INTA.
- Novoa, R. 1983. Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 102 p.
- Orozco, E. 2017. Determinación del punto óptimo de producción y calidad de la materia seca de forrajes de bajura. XXIII Congreso nacional lechero. Cámara nacional de productores de leche de Costa Rica. Charla 30. San José, Costa Rica.
- Puricelli, E; Leguizamón, E. 2005. Herbicidas hormonales (en línea). El sitio de la Producción Animal. Consultado el 1 de octubre de 2019. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/51-herbicidas_hormonales.pdf.

- Ramírez, J.L; Herrera, R.S. Leonard, I; Verdecia, D; Álvarez, Y. 2012. Rendimiento y calidad de la *Brachiaria decumbens* en suelo Fluvisol del Valle del Cauto, Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria. 13(4): 1-11.
- Rincon, A; Ligarreto, G; Garay, E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 61(1):4336-4346.
- Ruiz E. 2013. Manejo de pastos y rotación de potreros. Guía Técnica, Perú. 24 p.
- Salerno, R. 2006. Control malezas en pasturas. ABC Suplementación (en línea). Consultado el 1 octubre 2019). Disponible en <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/control-de-malezas-en-pasturas-930304.html>
- Sarassa, S. 2016. Efectividad del herbicida GF-2969 (Aminopyralid + Picloram + Fluroxypyr), para el control de malezas perennes en época seca. Tesis Lic, Tegucigalpa, Honduras, Universidad Zamorano. 28 p.
- Urroz, L; Ramírez, E. 2006. Composición e identificación de especies forrajeras y no forrajeras en las Fincas Santa Rosa y Las Mercedes. Tesis Ing. Zootecnista, Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 107 p.
- Villalobos, L; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde Puntarenas, Costa Rica. ii. valor nutricional. Agronomía Costarricense. 38(1): 133-145.

Villanueva, J. 2002. Control químico de malezas en tierras de Pastoreo.
Folleto Técnico #6. México: INIFAP. 27 p.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización

**UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS
TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN**

(Trabajo Individual)

**Este documento debe integrarse como anexo en la parte final al
documento físico que se entrega a la Biblioteca**

Ciudad, fecha: _____

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales.

Yo _____ portador de la cédula de identidad
número _____. En mi calidad de autor del trabajo de graduación:

_____.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

____ Proyecto de Graduación

____ Tesis de Graduación

Autorizo a la Universidad Técnica Nacional, para que mi trabajo pueda ser
manejado de la siguiente manera:

CAPÍTULO V, DISPOSICIONES, FINALES. Artículo 4. RTFG.	
Conservar y diseminar en las Bibliotecas de la UTN.	
Almacenar en el Repositorio institucional.	
Divulgar en el Repositorio institucional.	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	
Consulta electrónica con texto protegido	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	

Por otra parte, declaro que el trabajo que aquí presento es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma personal, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizó que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Concedor de que las autorizaciones no reprimen mis derechos patrimoniales como autor del trabajo. Insto a la Universidad Técnica Nacional a que respete y haga respetar mis derechos de propiedad intelectual.

Firma del estudiante _____

Número de identificación _____

Fecha: _____