



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Determinación de la diferencia de tres productos de sensores remotos en el seguimiento y desarrollo de proporciones de trébol blanco y rye grass perenne

Albacura Campues, Karen Melissa

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Pérez Guerrero Patricio Alejandro, PhD.

05 de agosto del 2022



**FUENTE DE
ALIMENTACIÓN**



**PRODUCCIÓN DEL
SECTOR PECUARIO**



ESTUDIOS NULOS



Evaluaciones no destructivas,
cuantitativas y espacialmente
distribuida sobre el cultivo.



General

Determinar la diferencia de tres productos de sensores remotos en el seguimiento y desarrollo de proporciones de trébol blanco y rye grass perenne.

Específicos

- Evaluar el porcentaje de composición botánica y rendimiento de la mezcla forrajera en gramíneas y leguminosas en cuatro cortes.
- Obtener los índices de vegetación y suelo mediante espectroscopía e imágenes multispectrales de las proporciones forrajeras.
- Determinar las diferencias de los sensores remotos mediante análisis estadístico de los índices de vegetación y suelo obtenidos.



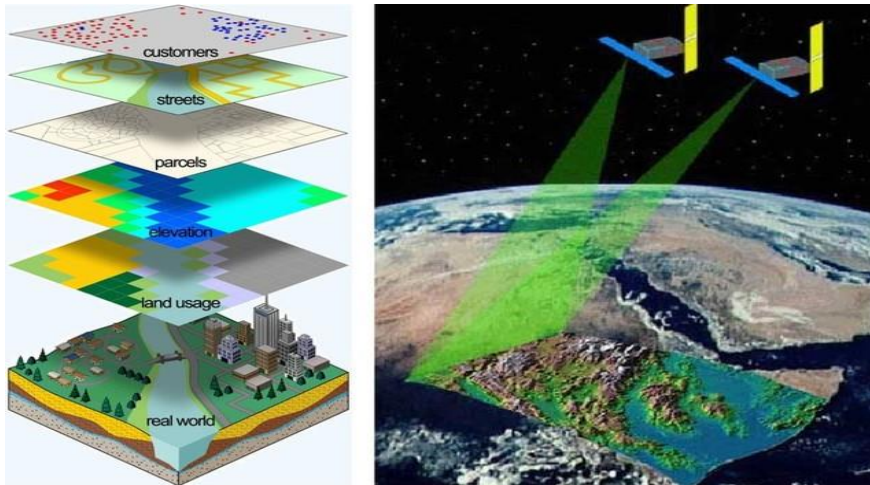
HIPÓTESIS

H₀: Los índices de suelo y vegetación de las proporciones de trébol blanco y rye grass perenne no difieren entre los tipos de sensores remotos.

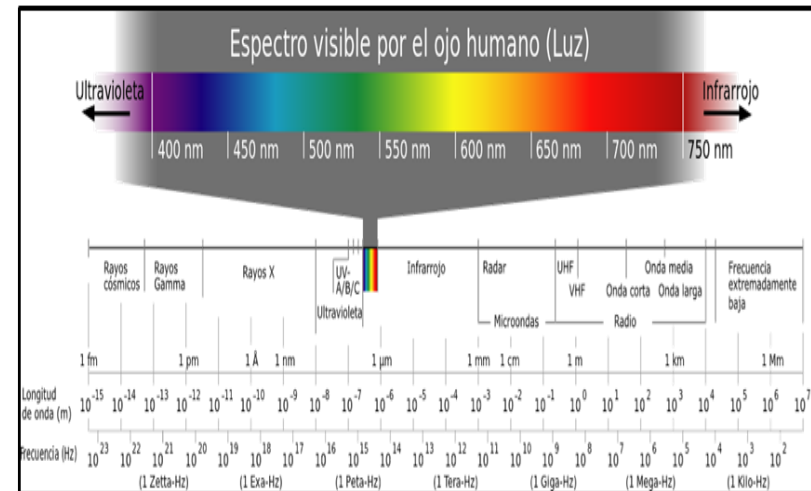
H₁: Los índices de suelo y vegetación de las proporciones de trébol blanco y rye grass perenne difieren entre los tipos de sensores remotos.



Teledetección



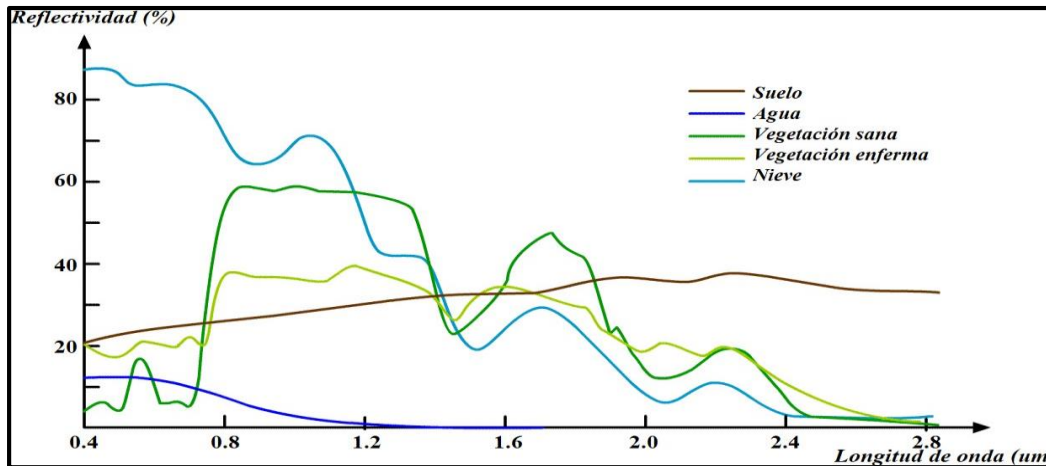
Cada objeto o sistema tendrá una respuesta espectral propia, en términos de energía reflejada y energía emitida, lo que se conoce como "firma espectral" (Torrijos, 2008).



Espectro Electromagnético

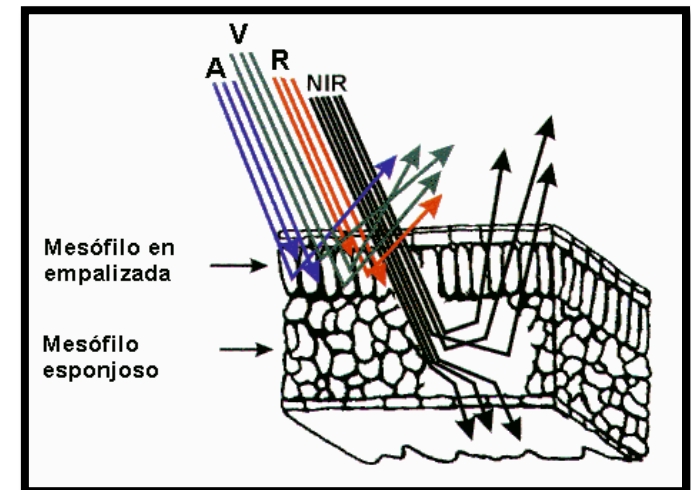


Firmas espectrales y reflectancia en la vegetación



El 65% del espectro visible es absorbido por la clorofila, 29% por la xantofila y 6% por carotenos, es por esto que el ojo humano percibe la vegetación sana de color verde (Hernández & Montaner, 2009).

Comportamiento diferencial de la radiación reflejada (reflectancia) o emitida (emitancia) desde algún tipo de objeto o superficie en los distintos rangos de espectro electromagnético (Hernández & Montaner, 2009).



Índices de vegetación y suelo

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

(Rouse et al., 1974)

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} * (1 + L)$$

(Huete, 1988)

$$BSI = \frac{(SWIR + R) - (NIR + B)}{(SWIR + R) + (NIR + B)}$$

(Chen et al., 2004)

$$CI = \frac{R - G}{R + G}$$

(Escadafal, 1989)



Ubicación del sitio experimental



Fuente: Google Earth (2022)



Ubicación geopolítica

Provincia: Pichincha

Cantón: Mejía

Parroquia: Cutuglagua

Ubicación geográfica

Latitud: 00° 22' 00'' S

Longitud: 78° 33' 00'' O

Altitud: 3058 msnm



Diseño experimental

Diseño de bloques completos al azar

Características de las Unidades Experimentales

Número de Unidades Experimentales: 12

Área de las unidades experimentales: 400 m²

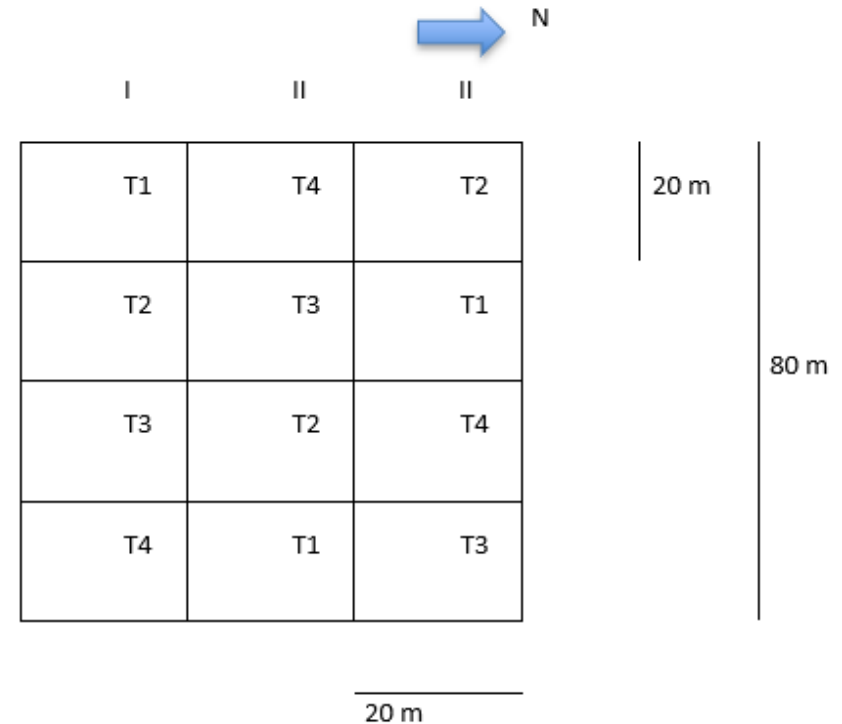
Largo: 20 m

Ancho: 20 m

Forma de la unidad experimental: Cuadrada

Área neta del ensayo: 4800 m²

Croquis del Diseño



60 m		
Tratamiento	Código	Descripción
T ₁	p ₁	100% de Rye grass perenne y 0% trébol blanco
T ₂	p ₂	90 % de rye grass perenne y 10% trébol blanco
T ₃	p ₃	80 % de rye grass perenne y 20% trébol blanco
T ₄	p ₄	70 % de rye grass perenne y 30% trébol blanco



Composición Botánica y Rendimiento



Toma de muestras



Identificación de proporciones

Porcentajes gramíneas

$$\%G = \frac{PfG}{PfT} \times 100$$

Porcentajes leguminosas

$$\%L = \frac{Pfl}{PfT} \times 100$$

(León et al., 2018)



Pesaje y secado en estufa con aire forzado a 55 °C durante 48 h

Rendimiento:

$$PMS = \left(\frac{Ps}{Ph} \right) \times 100 \%$$

(Clavijo, 2015)



Datos Espectrales



Spectral

Comment:
Version: 2.0
File Name: \\Extended Storage \\A\\1_00002.sed
Instrument: PSR 1100 SN 1344418
Detector: 512,0,0
Measurement: REFLECTANCE
Date: 08/02/2021
Time: 09:17:09
Temperature (C): 21,6
Battery Voltage: 7,64,7,65
Average: 10,10
Integration: 2,28
Dark Mode: AUTO_AUTO
Foreoptic: FIBER1: (RADIANCE), FIBER1: (RADIANCE)
Radiometric Calibration: RADIANCE
Units: W/m²/sr
Wavelength Range: 320,1100
Latitude: -0,35663
Longitude: -78,55489
Altitude: 3063,40
GPS Time: 36:34:17
Satellites: 8/11
Calibrated Reference Correction File: none
Channels: 795
Columns (5):
Date
Wvl
Reflect %
312 0
313 2.831
314 2.664
315 2.31
316 2.309
317 2.249
318 2.066
319 1.958
320 1.939
321 1.904
322 1.756
323 1.537

Wavelength (nm)	Reflectance (%)
312	0
313	2.831
314	2.664
315	2.31
316	2.309
317	2.249
318	2.066
319	1.958
320	1.939
321	1.904
322	1.756
323	1.537

Base de datos de valores de reflectancia en formato xlsx



Software Windows Mobile



Generación de índices espectrales

Pseudo bandas del sensor multispectral Parrot Sequoia G+R+RE+NIR

Bandas	Centro de banda (nm)	Ancho de banda (nm)	Min	Max
Verde	550	40	510	590
Rojo	660	40	620	700
Borde rojo	735	10	725	745
Infrarrojo cercano	790	40	750	830

Pseudo bandas del sensor multispectral Survey 3W-Red+Green+NIR

Bandas	Centro de banda (nm)	Ancho de banda (nm)	Min	Max
Verde	550	30	520	580
Rojo	660	30	630	690
Infrarrojo cercano	850	50	800	900

Wvl	I rep			II rep			III rep		
	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	Reflect. %	
312	0.00	0.00	0.00						
313	13.60	13.07	8.97						
314	13.94	13.18	8.84						
315	14.94	12.86	8.93						
316	14.07	12.72	8.77						
317	13.44	12.63	8.58						
318	13.56	12.64	8.49						
319	13.89	13.04	8.70						
320	13.41	12.52	8.48						
321	12.82	11.91	8.12						
322	12.87	12.09	7.95						
323	12.84	11.95	7.69						
324	12.50	11.58	7.48						
325	12.00	11.17	7.36						
326	12.02	11.31	7.39						
327	11.83	11.28	7.18						
328	11.56	11.07	6.88						
329	11.57	10.84	6.79						
330	11.37	10.75	6.90						
331	11.25	10.61	6.82						
332	11.29	10.39	6.42						
333	11.08	10.40	6.38						
334	10.85	10.33	6.38						
335	10.70	10.22	6.34						
336	10.74	10.21	6.18						
337	10.59	9.96	6.15						
338	10.42	9.78	6.16						
339	10.41	9.91	6.11						
340	10.34	9.86	5.97						
341	10.39	9.86	5.92						
342	10.51	9.89	5.96						
343	10.34	9.67	5.97						
344	10.22	9.60	5.89						
345	10.17	9.63	5.74						
346	10.16	9.59	5.65						

PARROT SEQUOIA			I	II	III
550	B verde	510-590nm	13.135	14.303	10.270
660	B roja	620-700nm	14.300	15.569	9.945
730	B red edge	725-745nm	22.376	23.756	22.019
790	B IR	750-830nm	28.192	30.001	31.854

RGB Modificada RGN			I	II	III
550	B verde	520-580nm	13.287	14.461	10.526
660	B rojo	630-690nm	14.208	15.459	9.741
850	B IR	800-900nm	30.519	32.418	34.409

INDICES				
NDVI				
Tipo sensor	Repetición			
	I	II	III	
Parrot	0.3269	0.3167	0.5241	
RGB mod	0.3647	0.3542	0.5587	
SAVI				
Tipo sensor	Repetición			
	I	II	III	
Parrot	-17.3344	-18.4771	-18.4128	
RGB mod	-18.7338	-19.9576	-19.5040	
BSI				
Tipo sensor	Repetición			
	I	II	III	
Parrot	-0.0605	-0.0605	-0.1365	
RGB mod	0.0104	0.0105	-0.0088	
CI				
Tipo sensor	Repetición			
	I	II	III	
Parrot	0.0425	0.0424	-0.0161	
RGB mod	0.0335	0.0333	-0.0387	
SAVI				
Tipo sensor	Repetición			
	I	II	III	
Parrot	0.4847	0.4699	0.7769	
RGB mod	0.5410	0.5258	0.8287	



Captura de imágenes aéreas con UAV's

Cámara multispectral
Parrot Sequoia



Cámara Survey3W RGN



Captura de imágenes aéreas con UAV's

Planificación de vuelo



Parámetros de vuelo

Muestreo	Pastoreo	Época	Días después de la siembra (DDS)
Primer muestreo	Prepastoreo	Lluviosa	84
Segundo muestreo	Pospastoreo	Lluviosa	89
Tercer muestreo	Prepastoreo	Lluviosa	112
Cuarto muestreo	Pospastoreo	Lluviosa	120
Quinto muestreo	Prepastoreo	Seca	216
Sexto muestreo	Pospastoreo	Seca	223
Séptimo muestreo	Prepastoreo	Seca	254
Octavo muestreo	Pospastoreo	Seca	264

	Parámetros de vuelo	Unidad
Phantom 4 con cámara multispectral Parrot Sequoia (G+R+RE+NIR)	Altura del vuelo	30 m
	Área total del terreno	20 m x 20 m
	Traslado vertical	75%
	Traslado horizontal	75%
	Líneas de vuelo	5
Mavic Pro con una cámara Survey 3W-Red+Green+NIR	Número de fotografías	656
	Altura del vuelo	30 m
	Altura de vuelo	30 m
	Área total del terreno	20 m x 20 m
	Traslado vertical	75%
	Traslado horizontal	75%
	Líneas de vuelo	8
	Número de fotografías	271



Captura de imágenes aéreas con UAV's

Proceso fotogramétrico

The image shows a screenshot of the MAPIR Camera Control software interface. The main window is titled "MAPIR Camera Control" and has a menu bar with "Process", "Calibrate", "Kernel", "Viewer", "Analyze", and "About". The "Calibrate" tab is active, showing a "Calibrate" button and a "Ground Target" dropdown menu set to "Version 2". Below this, there are checkboxes for "Convert Calibrated TIFFs to JPEGs", "Output Float (Percent) Reflectance Image", and "Histogram Clipping".

The main area contains a table with columns for "Camera Model", "Lens", "Filter", and "Input Folder". Each row has a "Browse..." button and a "Generate Calibration Values" button. The table lists several camera models, including "Survey3" and "Camera Model".

On the right side of the main window, there is a text area with instructions: "If you have an image taken of the MAPIR calibration ground target, select a camera model...". Below this, it says "The Program may become unresponsive while images are being calibrated. Please be patient, especially when processing many high resolution images." and "Text will display below when calibration has completed: Found QR Target Model 2, please proceed with calibration. Analyzing Input Directory. Please wait...".

Overlaid on the right side is a "Radiometric Calibration - Sequoia_4.0_1280x960 (Green)(1)" dialog box. It shows a "File Name" field with the path "s_pasto_4to_corte/parrot/0008/IMG_211229_154143_0000_GRE.TIF". Below the file name is a preview window showing a grayscale image of a ground target with a QR code. The dialog also has a "Reflectance Factor" section with a "Green" field set to "0.73".

Generación de Índices espectrales para imágenes obtenidas por los UAV

4_NDVI_M_GeoTIFF_measurements: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

SNAP pixel extraction export table

#

Window size: 1

Created on: 2021-12-29 19:02:38

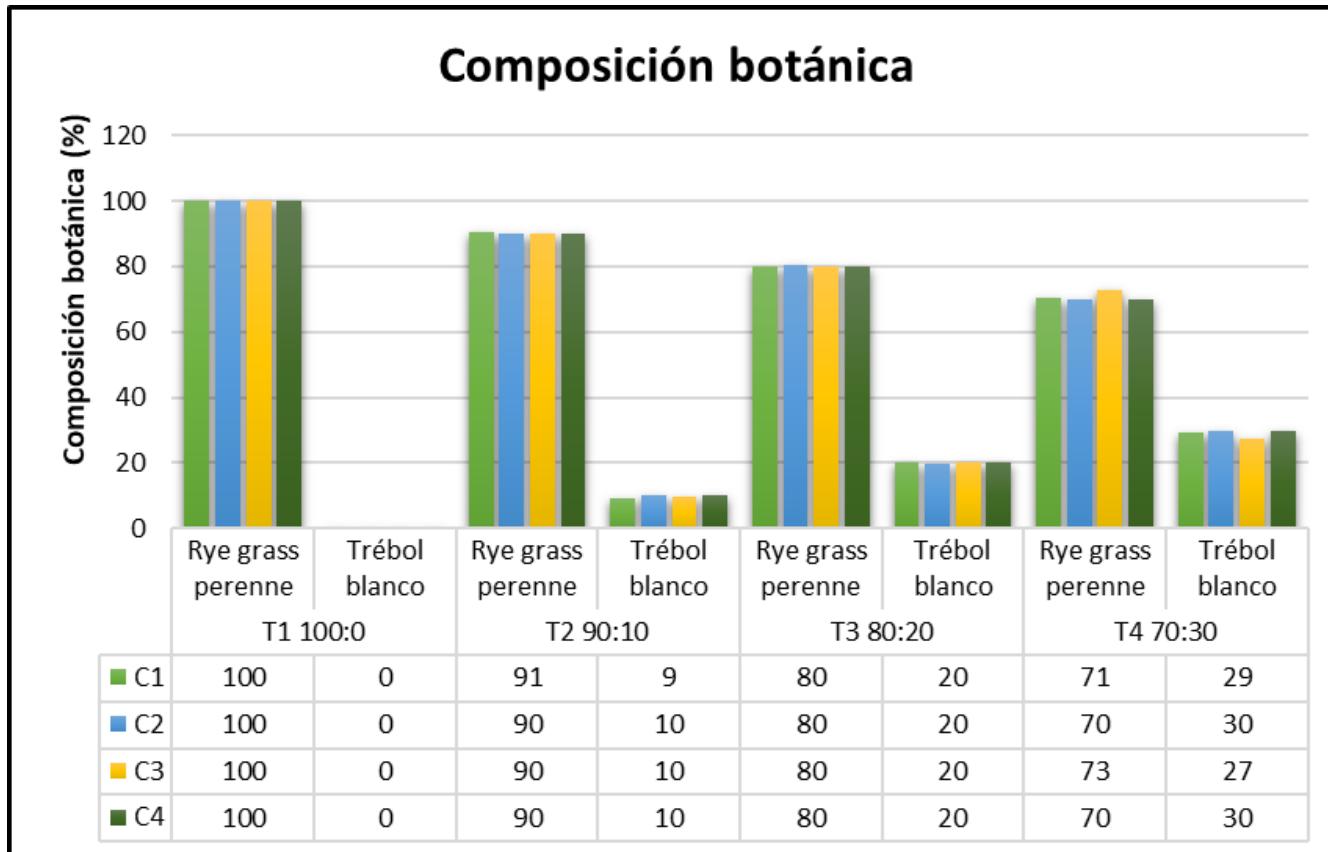
Valores de índices generados en formato .txt

ProdID	CoordID	Name	Latitude	Longitude	PixelX	PixelY	Date(yyyy-MM-dd)	Time(HH_mm_ss)	band_1
0	1	pin_1	-0.356625	-78.554864	1345.500		3181.500	0.5433070659637451	
0	2	pin_2	-0.356529	-78.554812	1659.500		2597.500	0.5609756112098694	
0	3	pin_3	-0.356575	-78.554811	1662.500		2875.500	0.5703703761100769	
0	4	pin_4	-0.356614	-78.554825	1580.500		3111.500	0.5423728823661804	
0	5	pin_5	-0.356654	-78.554818	1622.500		3353.500	0.5636363625526428	
0	6	pin_6	-0.356562	-78.554759	1979.500		2799.500	0.5645161271095276	
0	7	pin_7	-0.356630	-78.554780	1854.500		3208.500	0.5135135054588318	
0	8	pin_8	-0.356599	-78.554759	1981.500		3019.500	0.5590550899505615	
0	9	pin_9	-0.356691	-78.554645	2672.500		3575.500	0.5333333611488342	
0	10	pin_10	-0.356629	-78.554658	2592.500		3201.500	0.5142857432365417	
0	11	pin_11	-0.356764	-78.554625	2792.500		4014.500	0.5462185144424438	
0	12	pin_12	-0.356711	-78.554707	2295.500		3700.500	0.5519999861717224	
0	13	pin_13	-0.356674	-78.554585	3039.500		3475.500	0.557894766330719	
0	14	pin_14	-0.356647	-78.554617	2842.500		3313.500	0.5423728823661804	
0	15	pin_15	-0.356734	-78.554667	2540.500		3837.500	0.5555555820465088	
0	16	pin_16	-0.356711	-78.554607	2902.500		3700.500	0.5639097690582275	
0	17	pin_17	-0.356704	-78.554506	3516.500		3658.500	0.5472972989082336	
0	18	pin_18	-0.356747	-78.554534	3348.500		3914.500	0.5384615659713745	
0	19	pin_19	-0.356808	-78.554556	3214.500		4283.500	0.517241358757019	
0	20	pin_20	-0.356838	-78.554508	3505.500		4461.500	0.5518672466278076	
0	21	pin_21	-0.356787	-78.554512	3481.500		4157.500	0.47777777910232544	
0	22	pin_22	-0.356749	-78.554431	3969.500		3924.500	0.5531914830207825	
0	23	pin_23	-0.356795	-78.554455	3824.500		4206.500	0.5299538969993591	
0	24	pin_24	-0.356864	-78.554456	3819.500		4617.500	0.5584415793418884	
0	25	pin_25	-0.356783	-78.554354	4436.500		4129.500	0.5135135054588318	

Cálculo

OS





Se muestra el porcentaje de composición botánica que se realizó durante los cuatro cortes realizados en el experimento previo al pastoreo de ganado, en donde podemos observar que se mantuvieron las proporciones inicialmente sembradas al inicio del experimento, a excepción de T4 en el corte 4 que presentó mayor presencia de rye grass perenne con un 73 % y con 27 % de trébol blanco.



Rendimiento

Tabla 1 Rendimiento de forraje (t MS ha⁻¹) por corte de cuatro asociaciones de gramínea con leguminosa

Corte	Asociaciones (rye grass perenne: trébol blanco; %)				DE	Prom.	Sig.
	100:0	90:10	80:20	70:30			
1	7.00 Aa	6.00 Aa	6.23 Ba	6.63 Aa	0.52	6.47 a	*
2	5.47 Ab	4.97 ABc	6.03 Bb	5.50 ABb	0.54	5.49 b	*
3	4.53 Ac	5.13 Bb	4.23 Ac	4.57 ABc	0.47	4.62 c	*
4	3.93 Ac	4.37 ABc	3.83 Bc	3.43 ABC	0.26	3.89 c	*
Prom.	5.23 A	5.12 AB	5.08 AB	5.03 AB			
DE	0.29	0.22	0.19	0.21			
Sig.	NS	NS	NS	NS			

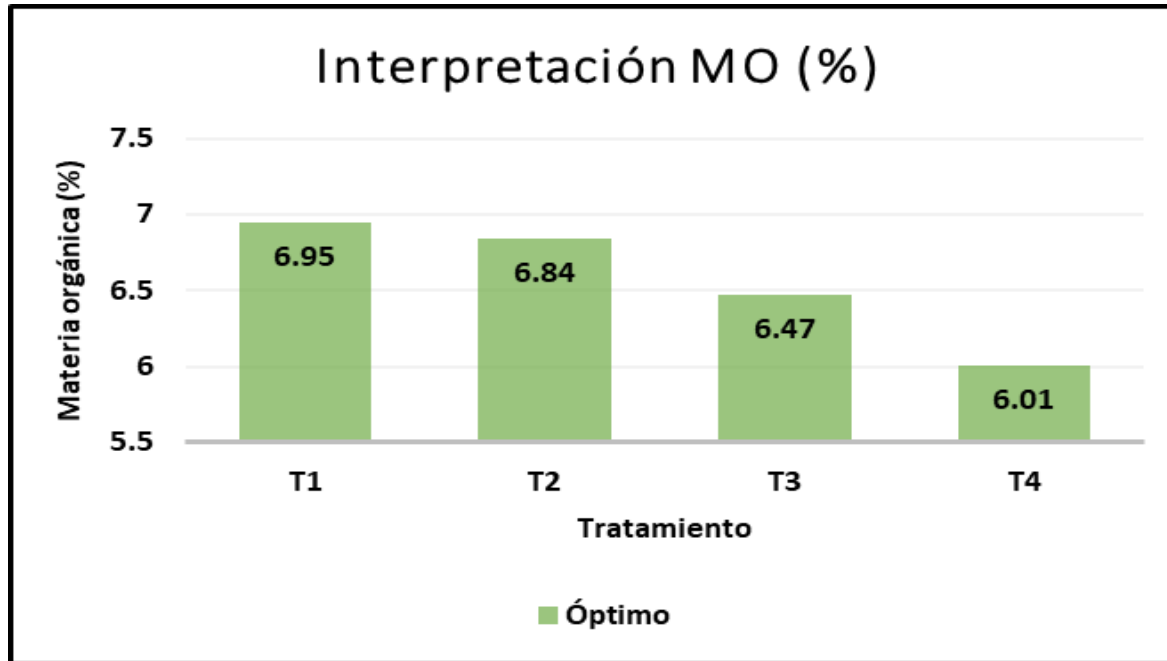
Nota: Medias con letras mayúsculas iguales en cada fila no son estadísticamente diferentes y medias con letras minúsculas iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DEM = desviación estándar; Sig. = significancia; Prom. = promedio; * = $p < 0.05$; NS = no significancia.

León et al. (2018) mencionan que los rendimiento de potreros a base de rye gras perenne y trébol dependerán de la estación climática, así en época lluviosa se pueden esperar acumulaciones de 5 a 6 t MS ha⁻¹, y en época seca 2-3 t MS ha⁻¹. Este hecho se verá afectado por el tiempo de descanso de los potreros o rotación, número de potreros y carga animal.



Materia orgánica

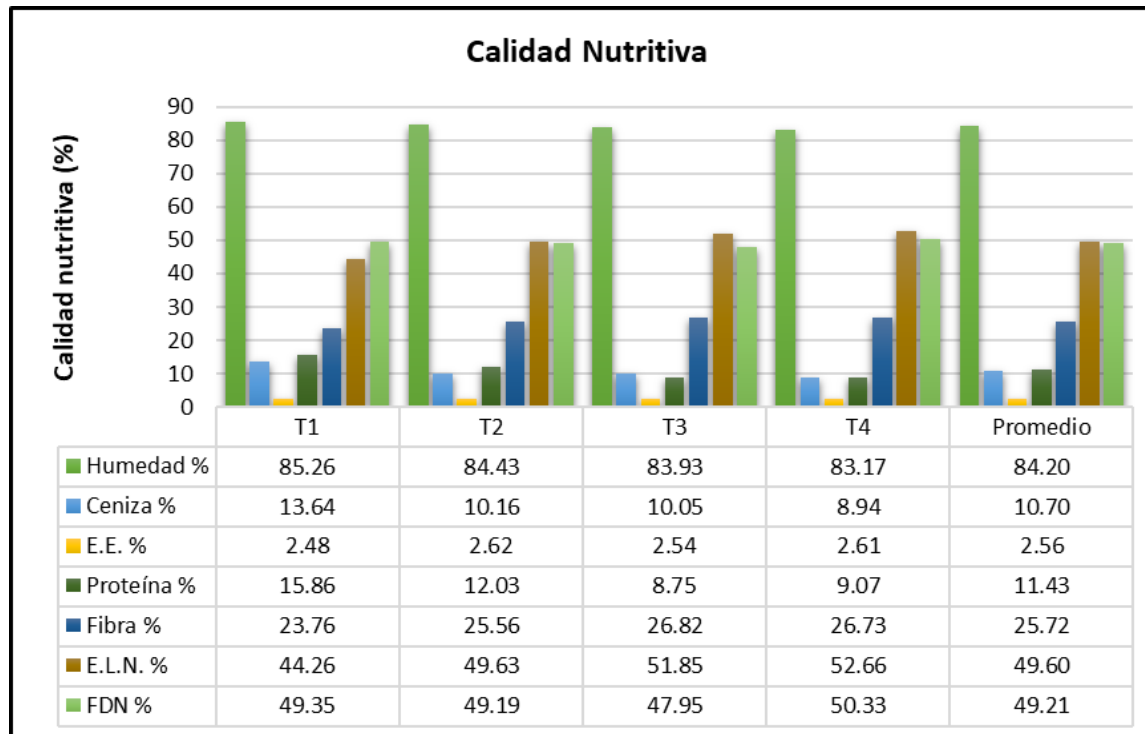
Figura 2. Valores de los análisis de MO por tratamiento realizado al final del experimento



(Quichimbo et al., 2015) y (León et al., 2018) mencionan que los suelos ubicados sobre terrenos volcánicos y a mayor altitud acumulan ceniza volcánica, lo que resulta en un mayor contenido de materia orgánica (MO) proporcionándole un color más oscuro.

Calidad nutritiva

Figura 3. Análisis proximal y FDN de cuatro proporciones forrajeras de trébol blanco y rye grass perenne para el segundo corte



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Promedio \pm D.E. para NDVI entre la interacción Sensor vs corte en el seguimiento y desarrollo de proporciones de rye grass perenne y trébol blanco

SENSOR	CORTE	NDVI	SENSOR	CORTE	NDVI
Parrot	1	0.90 \pm 0.01 a	Parrot-R	8	0.70 \pm 0.01 c
Parrot	3	0.90 \pm 0.01 a	Parrot-R	2	0.69 \pm 0.01 c
Parrot	5	0.88 \pm 0.01 a	Parrot-R	4	0.65 \pm 0.01 c
Parrot	7	0.88 \pm 0.01 a	Parrot-R	6	0.65 \pm 0.01 c
Parrot-R	3	0.88 \pm 0.01 ab	Parrot	8	0.65 \pm 0.01 c
Parrot-R	1	0.87 \pm 0.01 ab	Mapir-R	2	0.64 \pm 0.01 c
Parrot-R	7	0.86 \pm 0.01 ab	Mapir	1	0.59 \pm 0.01 d
Parrot-R	5	0.85 \pm 0.01 ab	Mapir	3	0.57 \pm 0.01 d
Mapir-R	1	0.85 \pm 0.01 b	Mapir	5	0.54 \pm 0.01 d
Mapir-R	3	0.84 \pm 0.01 b	Mapir	7	0.48 \pm 0.01 d
Mapir-R	5	0.80 \pm 0.01 b	Mapir	2	0.47 \pm 0.01 d
Mapir-R	7	0.78 \pm 0.01 b	Mapir	4	0.47 \pm 0.01 d
Parrot	2	0.72 \pm 0.01 c	Mapir-R	4	0.45 \pm 0.01 d
Parrot	6	0.71 \pm 0.01 c	Mapir-R	6	0.43 \pm 0.01 d
Parrot	4	0.70 \pm 0.01 c	Mapir-R	8	0.41 \pm 0.01 d
			Mapir	8	0.32 \pm 0.01 d
			Mapir	6	0.31 \pm 0.01 d

Andrade & Moncayo (2017), obtuvieron valores de NDVI previo al pastoreo de rye grass perenne con dos sensores; cámara multispectral parrot sequoia con un valor de 0.94 y espectrorradiómetro FieldSpec 4 con un NDVI de 0.87.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 3. Promedio \pm D.E. para SAVI promedio entre la interacción Sensor vs corte en el seguimiento y desarrollo de proporciones de rye grass perenne y trébol blanco

SENSOR	CORTE	SAVI
Mapir-R	5	0.89 \pm 0.02 a
Parrot-R	5	0.87 \pm 0.02 a
Mapir-R	3	0.86 \pm 0.02 a
Mapir-R	7	0.86 \pm 0.02 a
Parrot-R	3	0.86 \pm 0.02 a
Parrot-R	7	0.84 \pm 0.02 a
Mapir-R	1	0.84 \pm 0.02 a
Parrot-R	1	0.80 \pm 0.02 a
Mapir-R	6	0.79 \pm 0.02 b
Mapir-R	4	0.79 \pm 0.02 b
Parrot-R	4	0.77 \pm 0.02 b
Mapir-R	2	0.76 \pm 0.02 b
Parrot-R	6	0.74 \pm 0.02 b
Parrot-R	2	0.70 \pm 0.02 b
Mapir	1	0.70 \pm 0.02 c
Mapir	7	0.68 \pm 0.02 c

SENSOR	CORTE	SAVI
Parrot	5	0.68 \pm 0.02 c
Mapir	5	0.67 \pm 0.02 c
Mapir	3	0.67 \pm 0.02 c
Parrot	3	0.64 \pm 0.02 c
Mapir	4	0.63 \pm 0.02 c
Parrot-R	8	0.63 \pm 0.02 c
Mapir	2	0.61 \pm 0.02 d
Mapir-R	8	0.60 \pm 0.02 d
Parrot	1	0.60 \pm 0.02 d
Parrot	7	0.58 \pm 0.02 d
Parrot	6	0.48 \pm 0.02 e
Mapir	8	0.47 \pm 0.02 e
Mapir	6	0.46 \pm 0.02 e
Parrot	2	0.46 \pm 0.02 e
Parrot	8	0.44 \pm 0.02 e
Parrot	4	0.40 \pm 0.02 e

Posada et al. (2019), valores más bajos de SAVI obtenidos en pasto kikuyo corresponden a suelo con escasa vegetación y los más altos a regiones con abundante vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4. Promedio \pm D.E. para BSI promedio entre la interacción Sensor vs corte en el seguimiento y desarrollo de proporciones de rye grass perenne y trébol blanco

SENSOR	CORTE	BSI	SENSOR	CORTE	BSI
Mapir	5	0.12 \pm 0.01 a	Parrot-R	8	-0.09 \pm 0.01 c
Mapir	8	0.10 \pm 0.01 a	Parrot-R	2	-0.12 \pm 0.01 c
Mapir	3	0.08 \pm 0.01 a	Parrot	8	-0.14 \pm 0.01 c
Mapir	6	0.07 \pm 0.01 a	Parrot-R	6	-0.16 \pm 0.01 c
Mapir	7	0.06 \pm 0.01 a	Parrot	7	-0.19 \pm 0.01 c
Mapir	4	0.06 \pm 0.01 a	Parrot-R	4	-0.20 \pm 0.01 d
Mapir	1	0.06 \pm 0.01 a	Parrot-R	1	-0.21 \pm 0.01 d
Mapir	2	0.06 \pm 0.01 a	Parrot	4	-0.22 \pm 0.01 d
Mapir-R	8	0.05 \pm 0.01 ab	Parrot	2	-0.25 \pm 0.01 d
Mapir-R	6	0.05 \pm 0.01 ab	Parrot	6	-0.25 \pm 0.01 d
Mapir-R	2	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot-R	3	-0.26 \pm 0.01 d
Mapir-R	5	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot-R	7	-0.27 \pm 0.01 d
Mapir-R	7	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot	5	-0.30 \pm 0.01 e
Mapir-R	3	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot-R	5	-0.30 \pm 0.01 e
Mapir-R	1	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot	3	-0.31 \pm 0.01 e
Mapir-R	4	-0.02 \pm 0.01 b	Parrot	1	-1.10 \pm 0.01 f

Kumar et al. (2016) y la Red de Información para el Desarrollo Productivo - RIDES (2021) que para el índice BSI los valores van de -1 a 1 siendo los valores negativos o más bajos aquellos que indican áreas de cobertura vegetal y cultivo mientras que los positivos o valores más altos determinan áreas con suelo desnudo.

Tabla 5. Promedio \pm D.E. para CI promedio entre la interacción Sensor vs corte en el seguimiento y desarrollo de proporciones de rye grass perenne y trébol blanco

SENSOR	Corte	CI	SENSOR	CORTE	CI
Mapir	5	0.44 \pm 0.01 a	Parrot-R	7	-0.17 \pm 0.01 d
Mapir	7	0.36 \pm 0.01 a	Parrot-R	3	-0.17 \pm 0.01 de
Mapir	6	0.35 \pm 0.01 a	Parrot-R	5	-0.18 \pm 0.01 de
Mapir	3	0.35 \pm 0.01 a	Parrot	4	-0.19 \pm 0.01 e
Mapir	8	0.34 \pm 0.01 a	Mapir-R	1	-0.19 \pm 0.01 f
Mapir	1	0.32 \pm 0.01 a	Parrot	6	-0.19 \pm 0.01 f
Mapir	4	0.28 \pm 0.01 a	Mapir-R	4	-0.19 \pm 0.01 f
Mapir	2	0.23 \pm 0.01 a	Mapir-R	7	-0.25 \pm 0.01 g
Parrot-R	6	0.04 \pm 0.01 b	Mapir-R	3	-0.26 \pm 0.01 g
Parrot-R	8	0.02 \pm 0.01 b	Mapir-R	5	-0.27 \pm 0.01 g
Mapir-R	8	0.02 \pm 0.01 b	Parrot	8	-0.28 \pm 0.01 g
Mapir-R	6	-0.03 \pm 0.01 c	Parrot	2	-0.28 \pm 0.01 g
Parrot-R	2	-0.03 \pm 0.01 c	Parrot	1	-0.43 \pm 0.01 h
Mapir-R	2	-0.08 \pm 0.01 c	Parrot	7	-0.44 \pm 0.01 h
Parrot-R	4	-0.13 \pm 0.01 d	Parrot	3	-0.46 \pm 0.01 h
Parrot-R	1	-0.13 \pm 0.01 d	Parrot	5	-0.52 \pm 0.01 h

Datos presentado por Manzano & Oña (2018)

Relación entre índices espectrales

Figura 4. Índices de vegetación y suelo vs Cortes

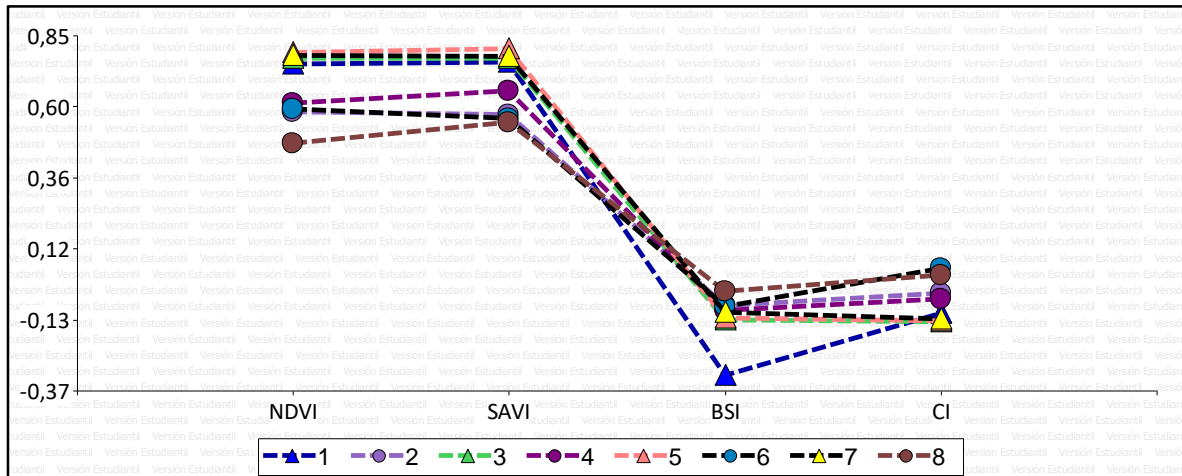
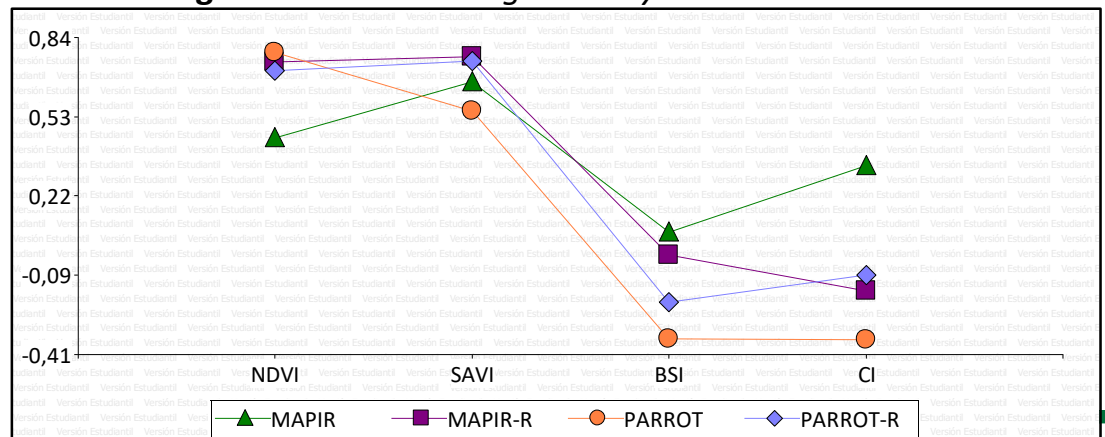
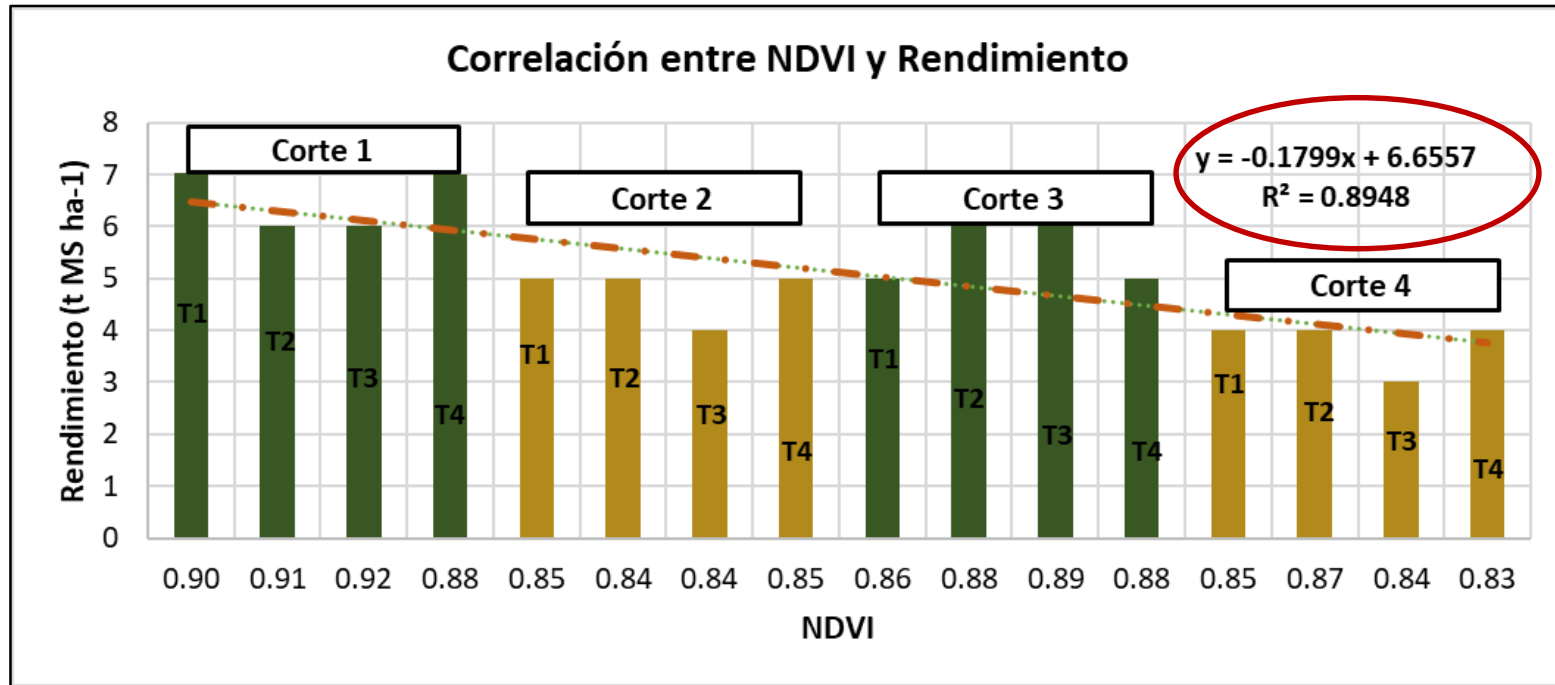


Figura 5. Índices de vegetación y suelo vs Sensores



Correlación entre NDVI vs Rendimiento



Grefa & Yáñez (2018), en su estudio realizado sobre la estimación del rendimiento de pasto mediante NDVI. Este índice incluye propiamente a los espectros de la vegetación, discriminando completamente los espectros del suelo (Gilabert et al., 1997)



CONCLUSIONES

- Todas las asociaciones presentaron un rendimiento similar, sin embargo, referente a los cortes fueron los cortes 1 y 2 en época lluviosa donde presentaron el mayor rendimiento de la mezcla forrajera con 6.47 t MS ha⁻¹ y 5.49 t MS ha⁻¹. Con un rendimiento total entre cortes de la mezcla forrajera de 20.46 t MS ha⁻¹. En la contribución por especie el rye grass perenne fue la especie dominante y contribuyó con más del 50 % del rendimiento total en todos los tratamientos con 18.12 t MS ha⁻¹ y para trébol blanco hubo una acumulación de 3.10 t MS ha⁻¹; de acuerdo con el análisis de mezclas, todas las proporciones son óptimas para obtener el mayor rendimiento de pasto en una mezcla forrajera.
- Se determinaron los valores de índices de vegetación y suelo, de los cuales no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, sin embargo, presentaron diferencias significativas entre la interacción corte por sensor siendo para los índices de vegetación NDVI y SAVI el sensor Parrot y espectrorradiómetro (Mapir-R y Parrot-R) los que obtuvieron valores similares tanto en los cortes 1, 3, 5 y 7 de pre pastoreo y 2, 4, 6 y 8 de pos pastoreo, observándose un aumento de los índices en las tomas de los muestreos en prepastoreo a diferencia de los valores bajos obtenidos para pos pastoreo.



CONCLUSIONES

- Los índices de suelo BSI y CI arrojaron valores negativos donde se pudo determinar de acuerdo a la bibliografía que los valores negativos más bajos obtenidos en los pre pastoreos corresponden a suelos con vegetación, y los valores negativos más altos a suelos con escasa vegetación. Sin embargo, BSI tiene una amplitud menor en los intervalos de discriminación por lo que hace que su capacidad de discriminar suelo desnudo sea mejor que CI.
- La comparación de índices entre sensores mostró que los valores calculados mediante espectroscopía y UAV's tienen valores semejantes entre todos los índices, no obstante, el sensor Mapir con la cámara modificada RGN se reflejan valores fuera de los rangos para los índices NDVI y CI, esto debido a las bandas espectrales que requieren para su cálculo y a la baja resolución del lente modificado.
- Se confirmó de acuerdo a lo expuesto en otros estudios que NDVI es un índice que se correlaciona estrechamente para la predicción de rendimiento de una mezcla forrajera entre rye grass perenne y trébol



CONCLUSIONES

- blanco, convirtiéndole en un índice apto para determinar el nivel de producción de la vegetación y sus cambios a través del tiempo, permitiéndole así poder verificar el estado del cultivo. De esta forma se puede afirmar que el valor máximo de este cultivo previo a pastoreo para los cortes 1, 3, 5 y 7 fueron de 0.90, 0.90, 0.88 y 0.88 respectivamente lo que concuerda a valores con un alto vigor del potrero.
- Se determinaron que las técnicas de sensoramiento remoto junto con la utilización de UAV's y el uso de espectrorradiómetro para radiometría en campo, empleados en la agricultura son ágiles y representan una buena alternativa para el monitoreo del desarrollo de cultivos como pastos, sin tener la necesidad de contacto directo con el cultivo.



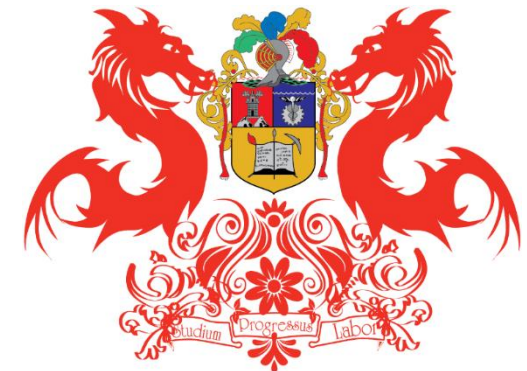
RECOMENDACIONES

- Se recomienda el seguimiento total del ciclo de un pasto, estableciendo diferencias climatológicas y el desarrollo del cultivo anual durante el tiempo que perdure la pastura en campo y su relación con variables agronómicas de interés como productividad lechera, valor nutritivo, digestibilidad.
- Dado los resultados encontrados mediante espectroscopía en campo y uso de UAV's en agricultura se recomienda extender el estudio hacia otras zonas del país, dado la falta de información de estudios en sectores ganaderos bajo pastoreo como en zonas de Costa y Amazonía.
- Antes de seleccionar los índices de vegetación o suelo a usar en el estudio de teledetección en pasturas se recomienda verificar si las bandas de los índices a calcular coinciden con las bandas que tiene el sensor a utilizar para obtener valores de índices los más exactos posibles.



AGRADECIMIENTOS

- Dr. Patricio Pérez (Director de tesis)
- Ing. Javier Maiguashca e Ing. José Luis Rivadeneira (Tutores de proyecto en la Estación Santa Calina – INIAP)
- Ing. Izar Sinde (Colaborador de proyecto)



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA