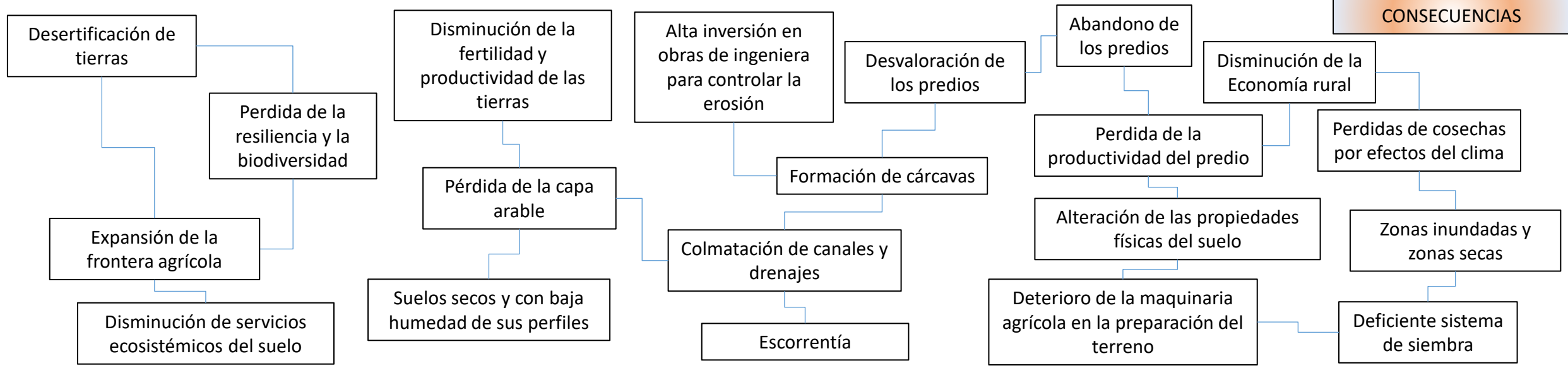




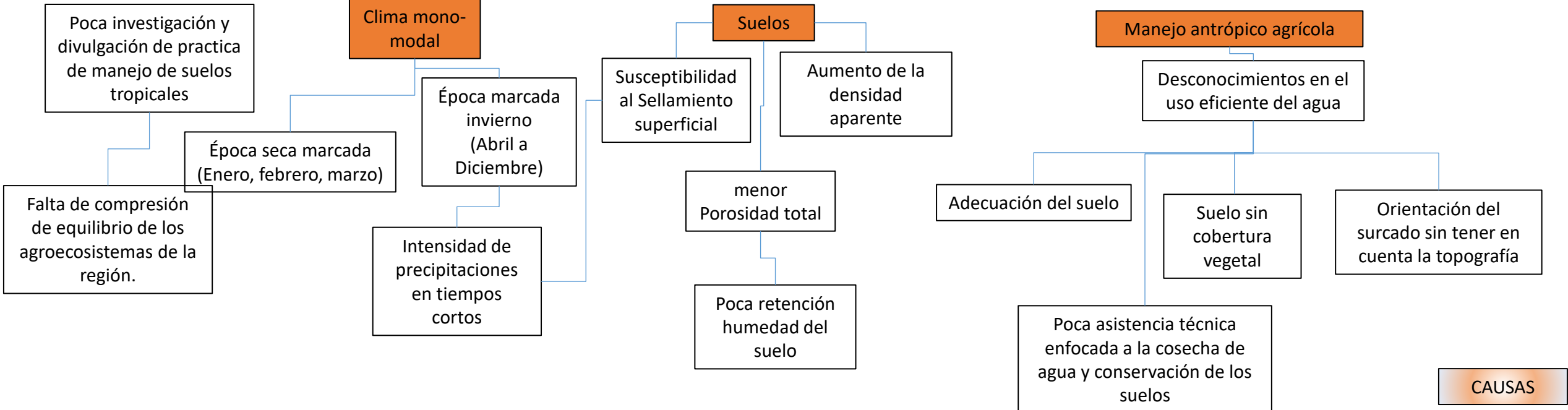
**UNIVERSIDAD
DE LOS LLANOS**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL KEYLINE SOBRE LAS
PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE UN SUELO OXISOL EN LA
PRODUCCIÓN DE CANAVALIA (*Canavalia ensiformis* L.), EN EL
MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META.**

**JHON ANDERSON PRIETO GUEVARA
INGENIERO AGRÓNOMO**



¿CÓMO MEJORAR EL ALMACENAMIENTO DEL AGUA EN SUELOS CON BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD?
¿COMO MEJORAR EL MOVIMIENTO DEL AGUA A TRAVES DEL PERFIL EN SUELOS CON CONDUCTIVIDADES HIDRAULICAS LENTAS?
¿COMO REGAR EL TERRENO EFICIENTEMENTE SIN CAUSAR PROBLEMAS EROSIVOS?
¿COMO ADECUAR EL TERRENO PARA QUE HAYA UNA BUENA DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN UN PREDIO SIN CAUSAR PROBLEMAS EROSIVO?



MARCO TEÓRICO

¿QUE ES EL KEYLINE?



**PERCIVAL ALFRED
YEOMANS**



LIBROS ESCRITOS

- THE KEYLINE PLAN (1954)
- THE CHALLENGE OF LANDPLANE (1958)
- WATER FOR EVERY FARM (1965)
- THE CITY FOREEST (1971)

KEYLINE PLOW



Figura 1. Arado Yeomans sencillo.



Figura 2. Arado Yeomans con sembradora.



**ESCALA DE
PERMANENCIA**

**PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA
AUTOSUSTENTABLE**

TOPOGRAFÍA

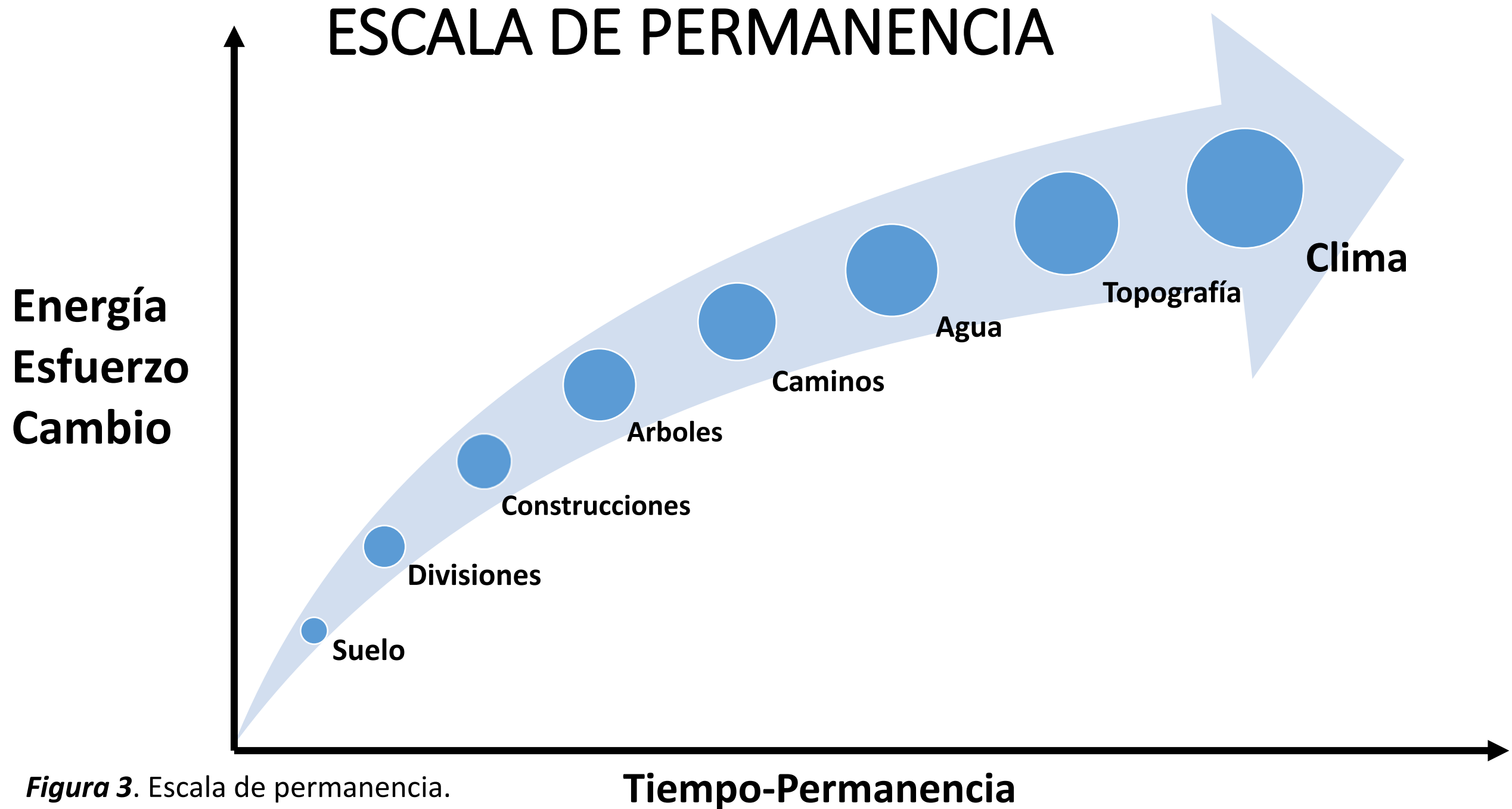
SISTEMA KEYLINE

**MANEJO
HOLÍSTICO**

**DISEÑO
HIDROLÓGICO
DEL TERRENO
CON KEYLINE**

**NECESIDADES
DE LABRANZA**

**PROPIEDADES
DEL SUELO**



TOPOGRAFÍA

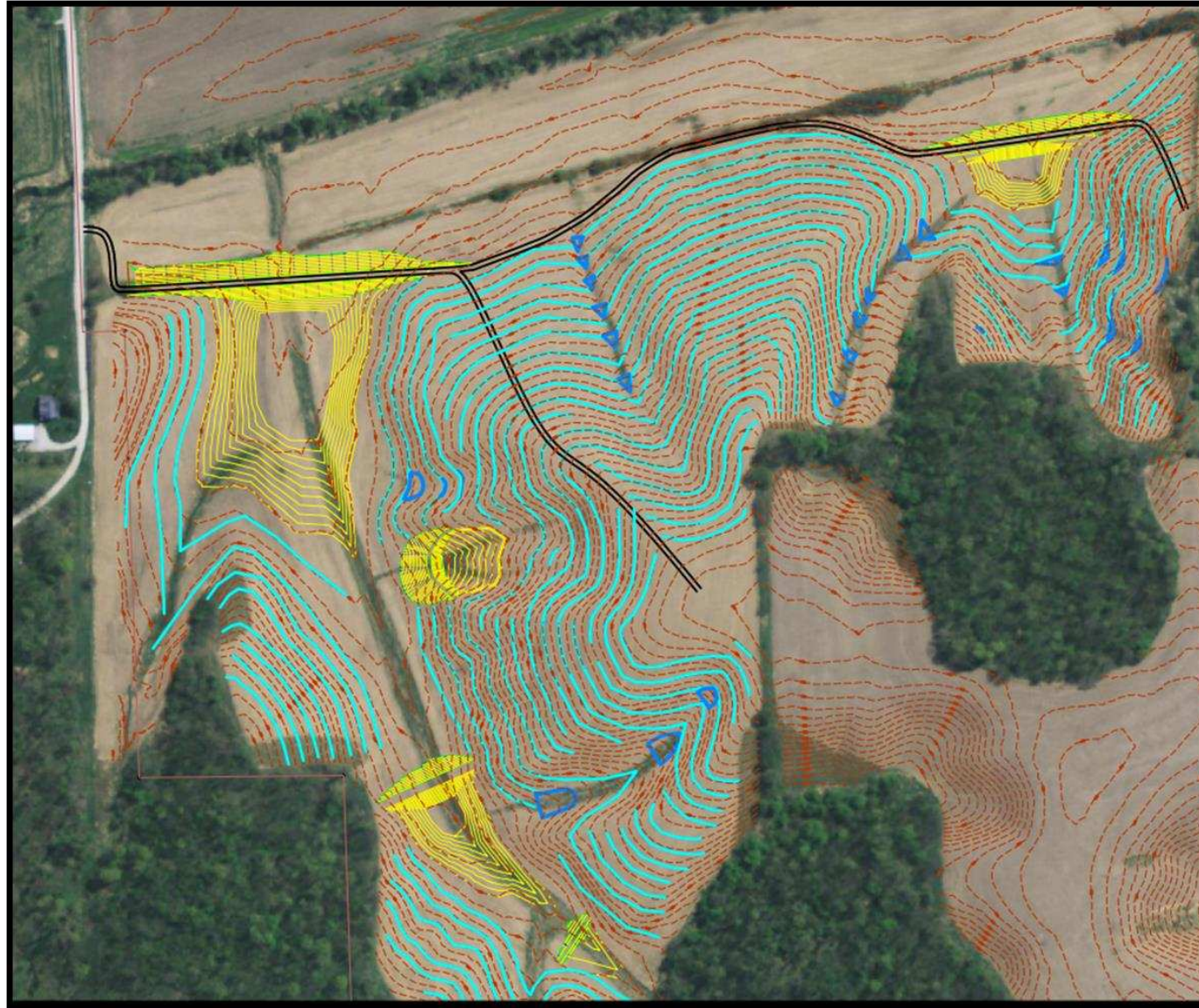


Figura 4. Mapas del terreno con curvas a nivel.

DISEÑO KEYLINE

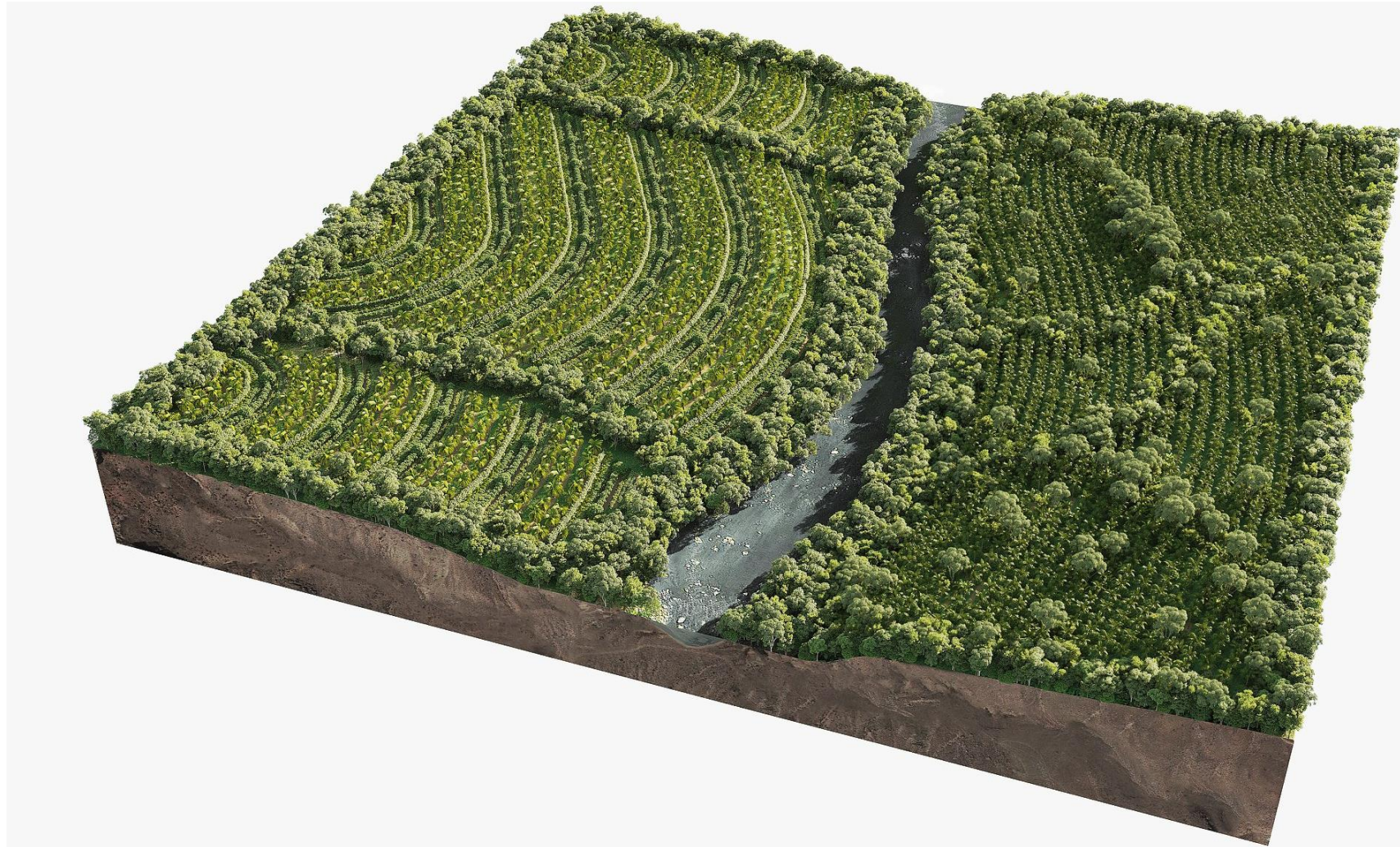


Imagen 5. Diseño hidrológico del terreno con Keyline.

KEYPOINT O PUNTO CLAVE

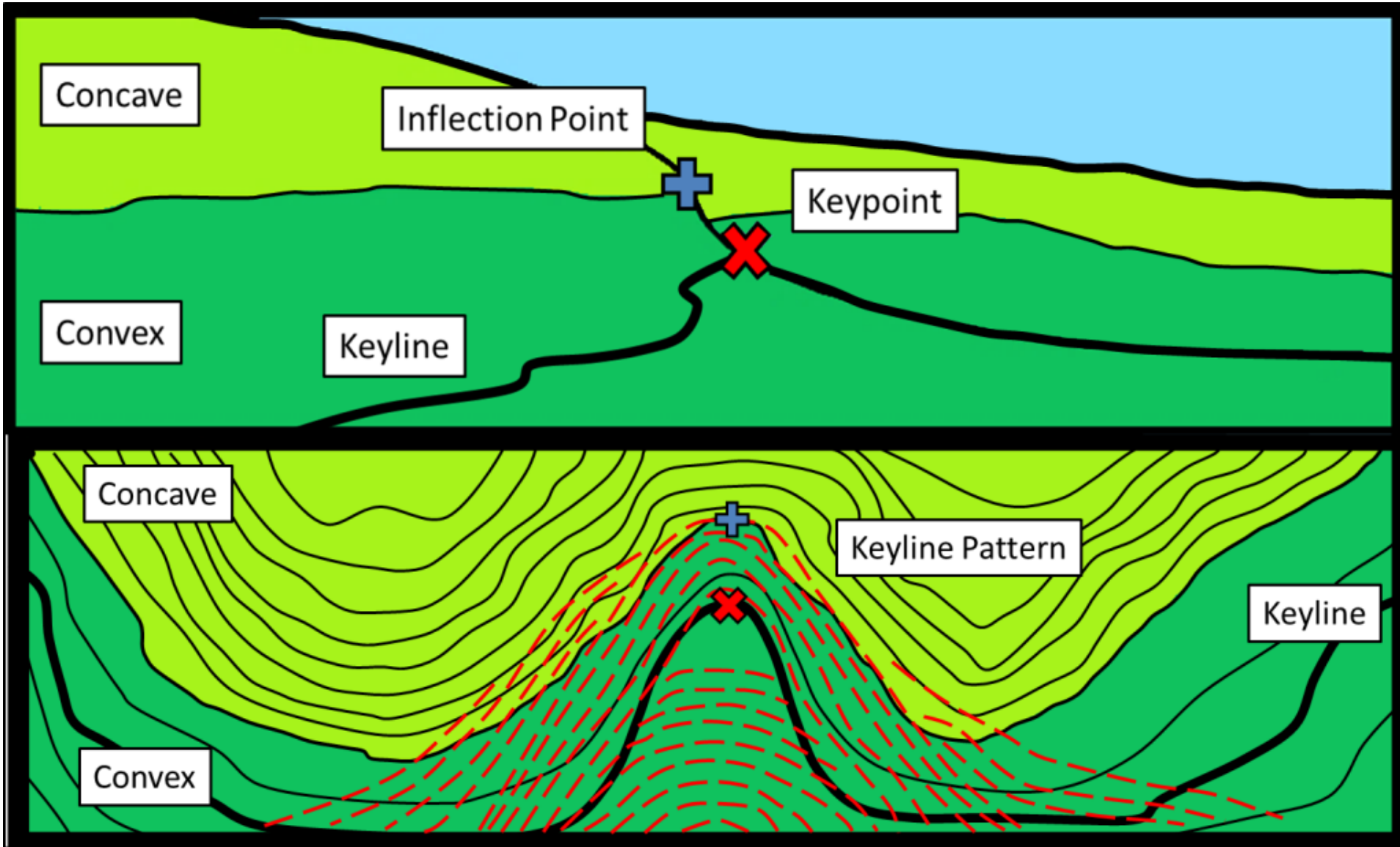


Figura 6. Keypoint o punto clave. (Tomado de Rainalgomez.ca)

KEYLINE O LÍNEA CLAVE

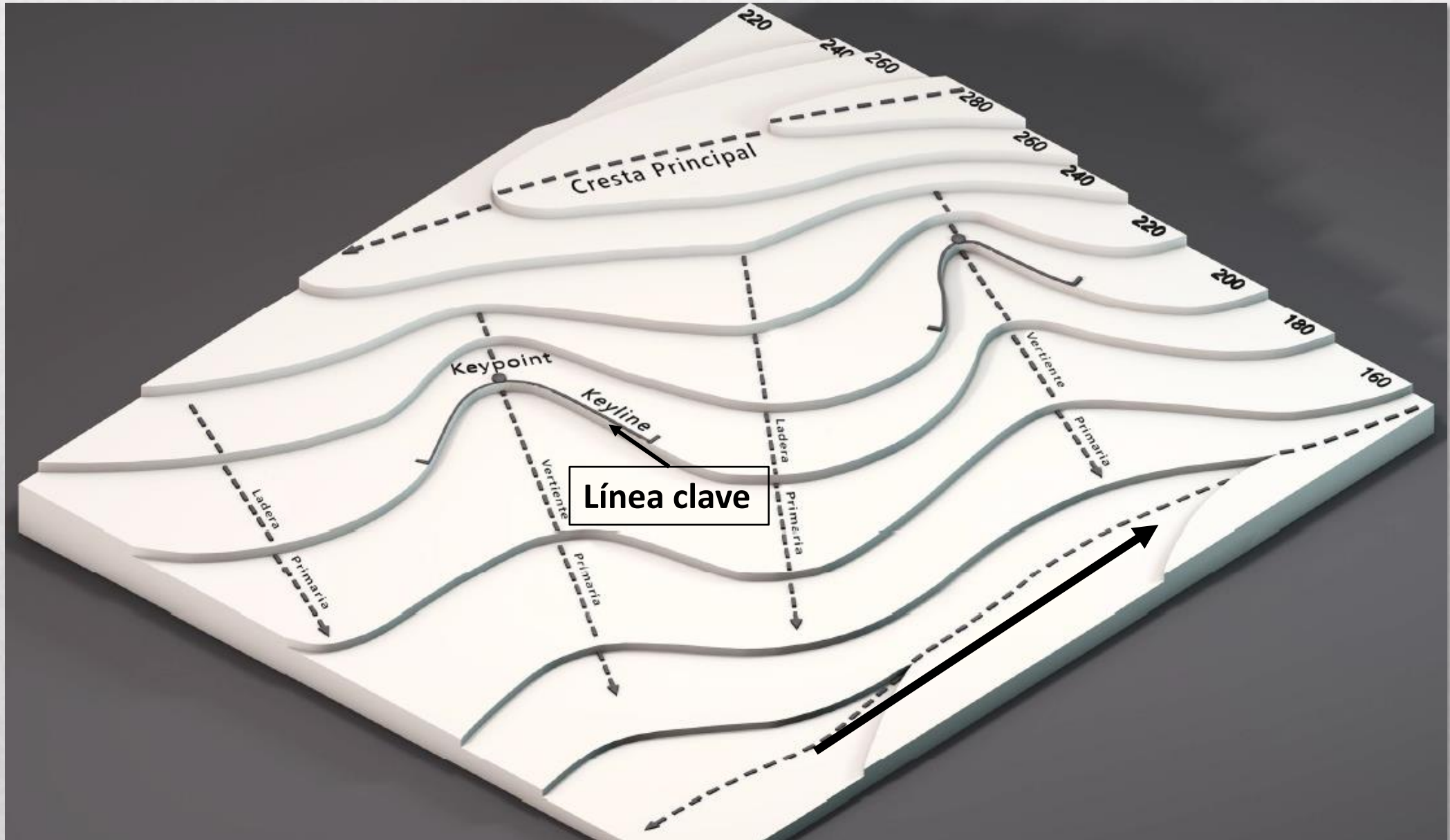


Figura 7. Línea clave o Keyline.

KEYLINE O LÍNEA CLAVE

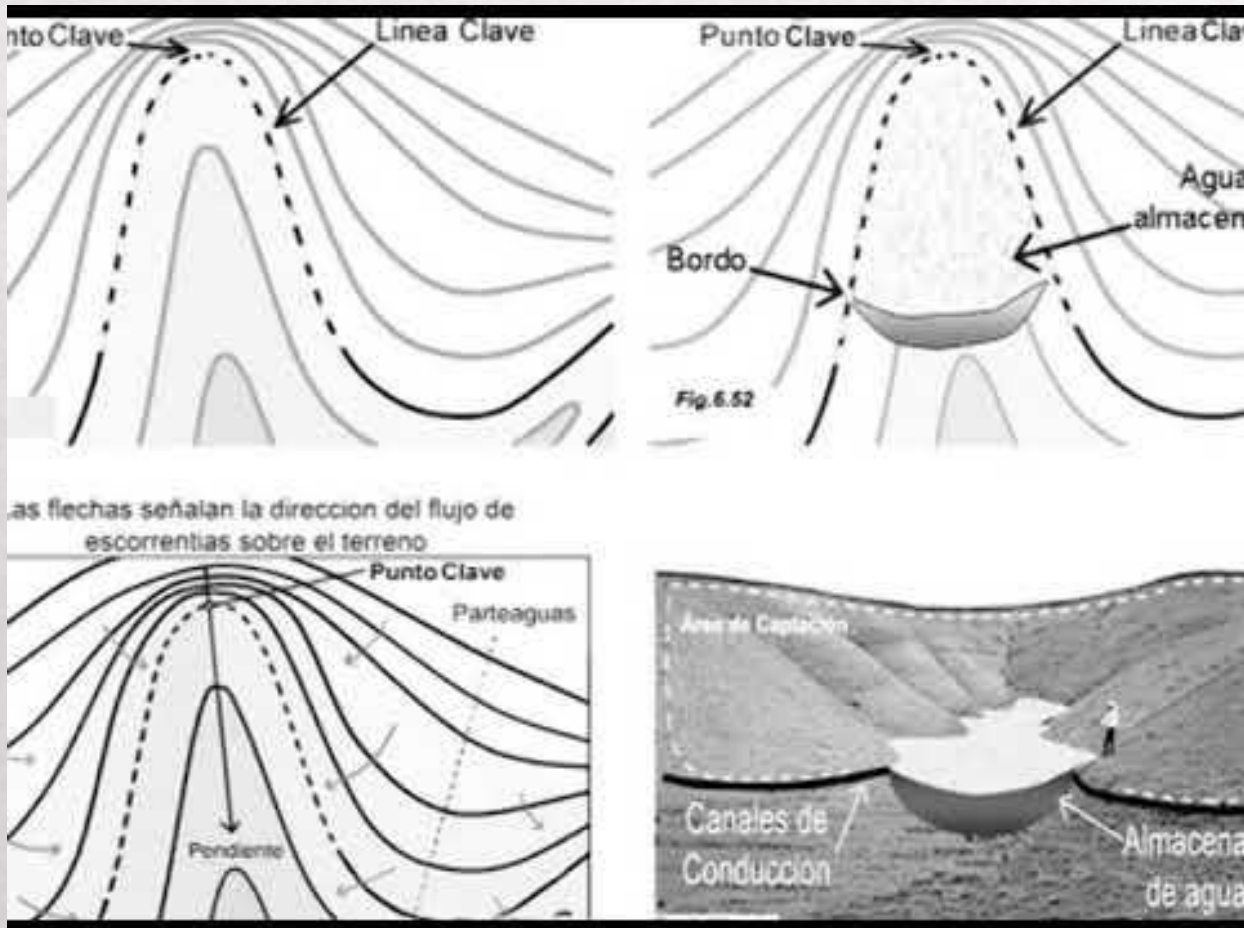


Figura 8. Ejemplo teórico de un reservorio con Keyline



Figura 9. Ejemplo práctico de un reservorio con Keyline.

DISEÑO HIDROLÓGICO DEL TERRENO CON KEYLINE



Figura 10. Diseño hidrológico del terreno con Keyline.

DISEÑO HIDROLÓGICO DEL TERRENO CON KEYLINE



Figura 11. Diseño hidrológico del terreno con Keyline.

DISEÑO HIDROLÓGICO DEL TERRENO CON KEYLINE



Figura 12. Diseño hidrológico del terreno con Keyline.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR



Figura 13. terreno experimental en la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.

ESTACIÓN TOTAL DE TOPOGRAFÍA TOPCON SOKKIA CX-105



Figura 14. Estación total de topografía Topcon CX-108.

TRANSFORMACIÓN DE DATOS

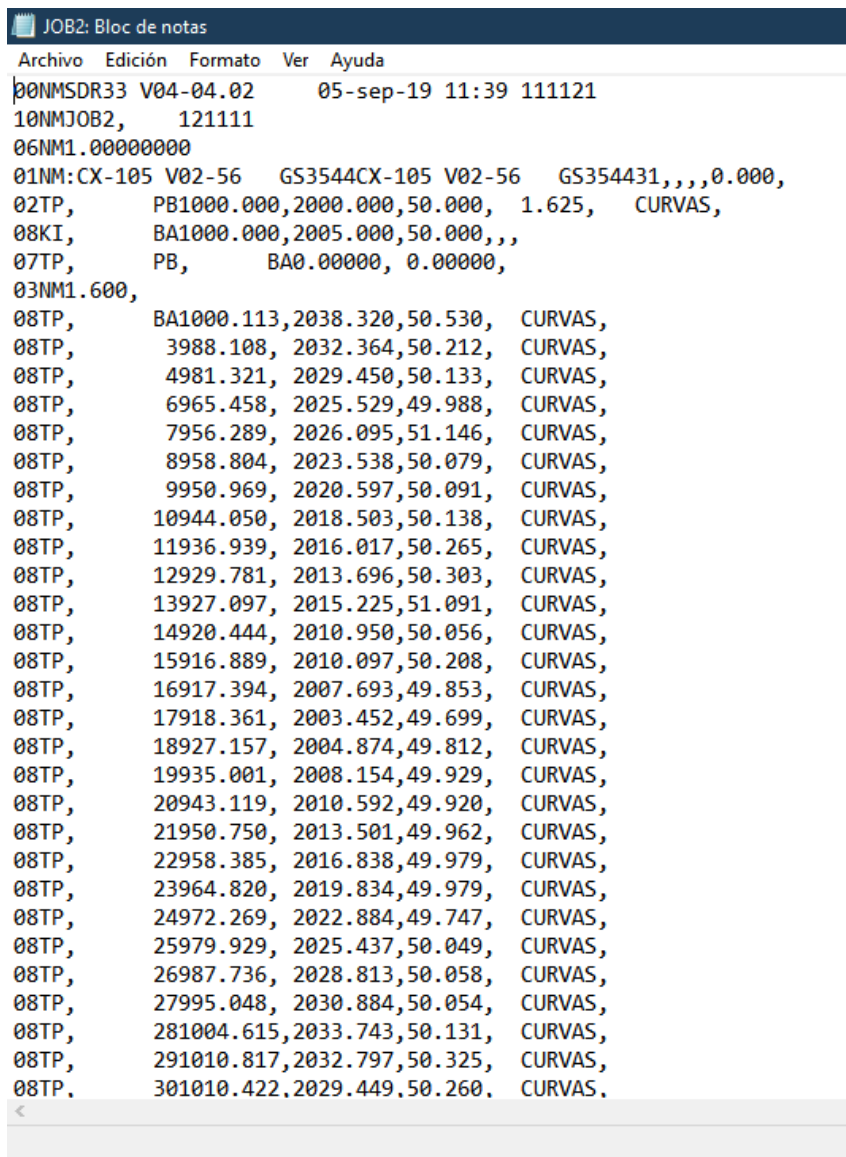


Imagen 15. Datos de la estación total en txt.

	A	B	C	D	E
1		Column1	_1	_2	_3
2	Nº	X	Y	Z	NOMBRE
3	1,000	988,108	2032.364	50212,000	CURVAS
4	2,000	981,321	2029.450	50133,000	CURVAS
5	3,000	965,458	2025.529	49988,000	CURVAS
6	4,000	956,289	2026.095	51146,000	CURVAS
7	5,000	958,804	2023.538	50079,000	CURVAS
8	6,000	950,969	2020.597	50091,000	CURVAS
9	7,000	944,050	2018.503	50138,000	CURVAS
10	8,000	936,939	2016.017	50265,000	CURVAS
11	9,000	929,781	2013.696	50303,000	CURVAS
12	10,000	927,097	2015.225	51091,000	CURVAS
13	11,000	920,444	2010.950	50056,000	CURVAS
14	12,000	916,889	2010.097	50208,000	CURVAS
15	13,000	917,394	2007.693	49853,000	CURVAS
16	14,000	918,361	2003.452	49699,000	CURVAS
17	15,000	927,157	2004.874	49812,000	CURVAS
18	16,000	935,001	2008.154	49929,000	CURVAS
19	17,000	943,119	2010.592	49920,000	CURVAS
20	18,000	950,750	2013.501	49962,000	CURVAS

Imagen 16. Datos de la estación total en formato csv.

CREACIÓN DEL MAPA DE CURVAS DE NIVEL EN EL SOFTWARE SAGA® GIS VERSIÓN 2.3.2

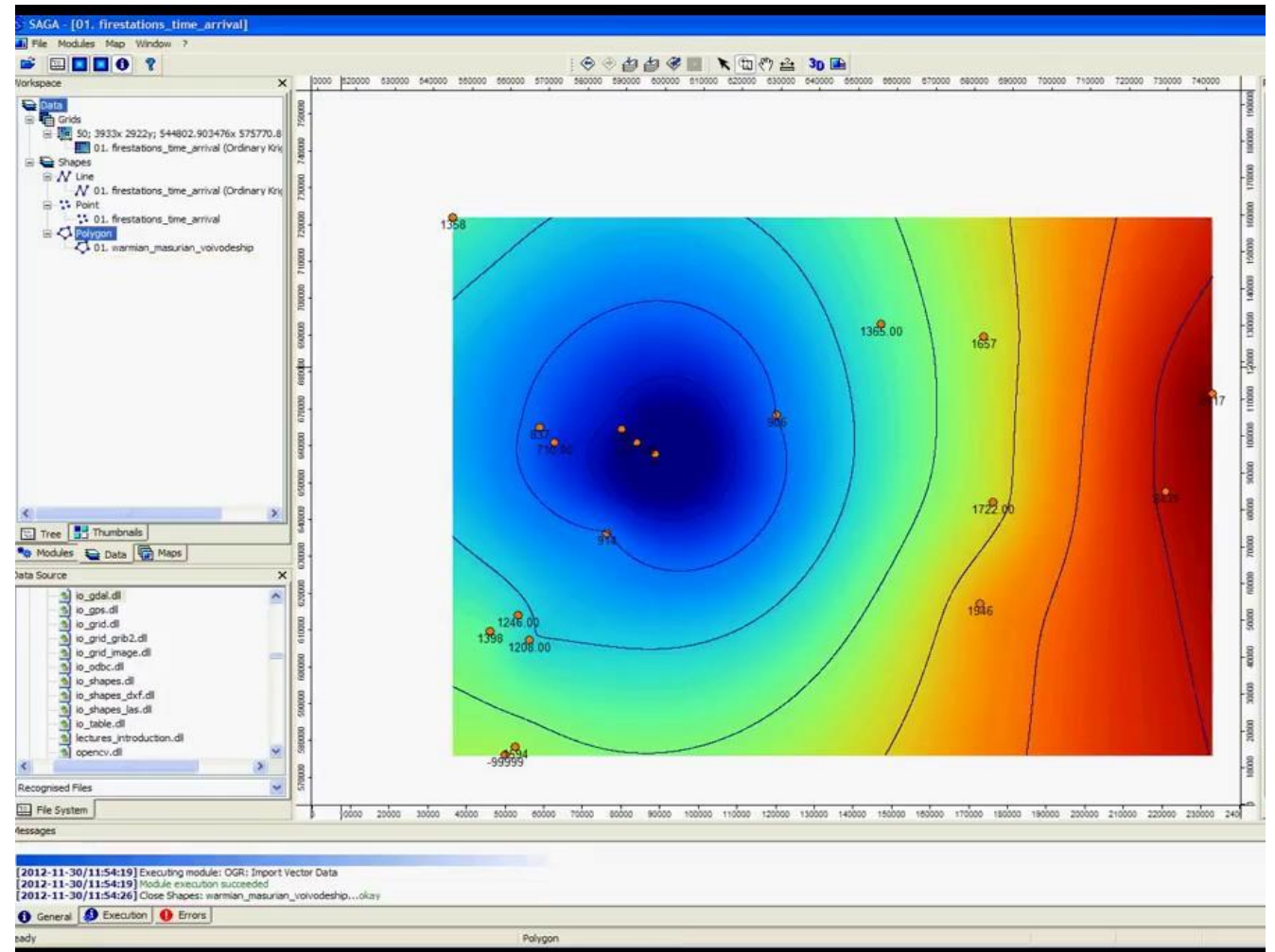


Imagen 17. Creación del mapa de curvas de nivel del lote experimental en SAGA® GIS versión 2.3.2.

MAPA DE CURVAS DE NIVEL

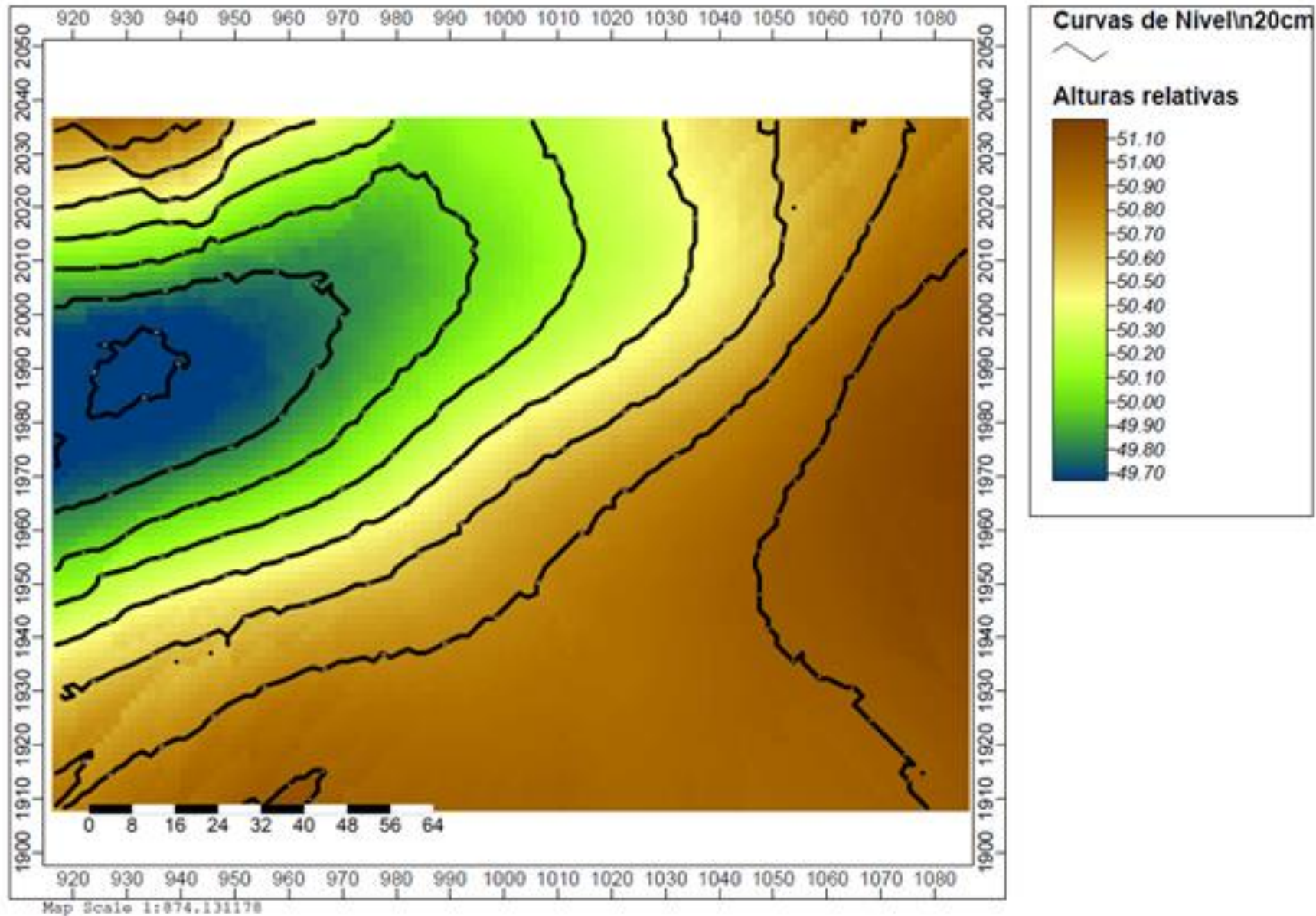


Figura 18. Mapa de curvas de nivel del lote experimental creado en SAGA® GIS versión 2.3.2.

PATRÓN DE LABRANZA



Figura 19. Patrón de labranza con Línea Clave.

MARCADO DEL PATRON DE LABRANZA

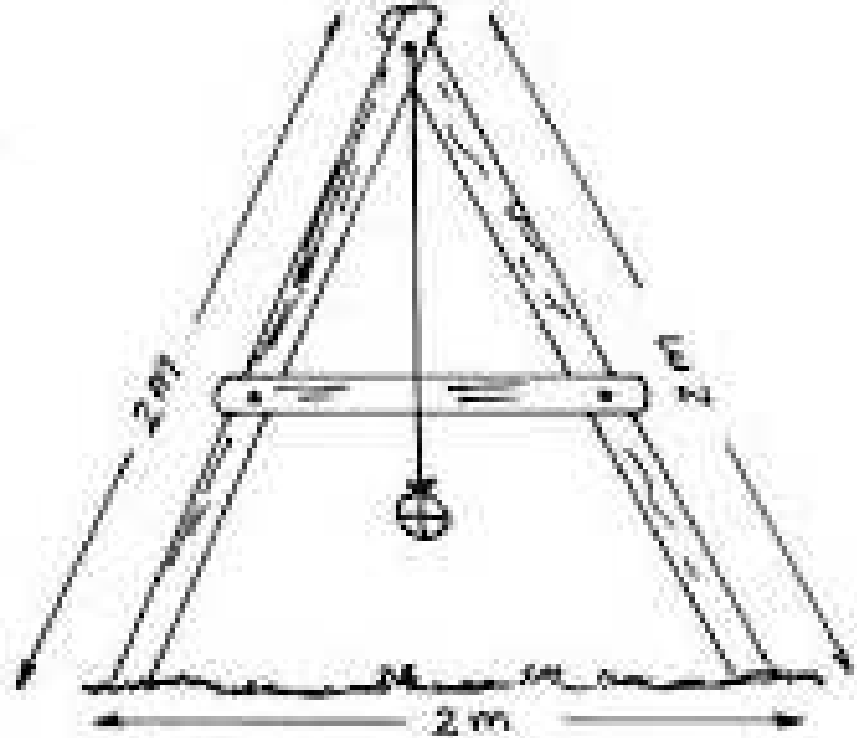


Figura 20. Agronivel.



Figura 21. Marcado en campo de la Línea Clave con agronivel.

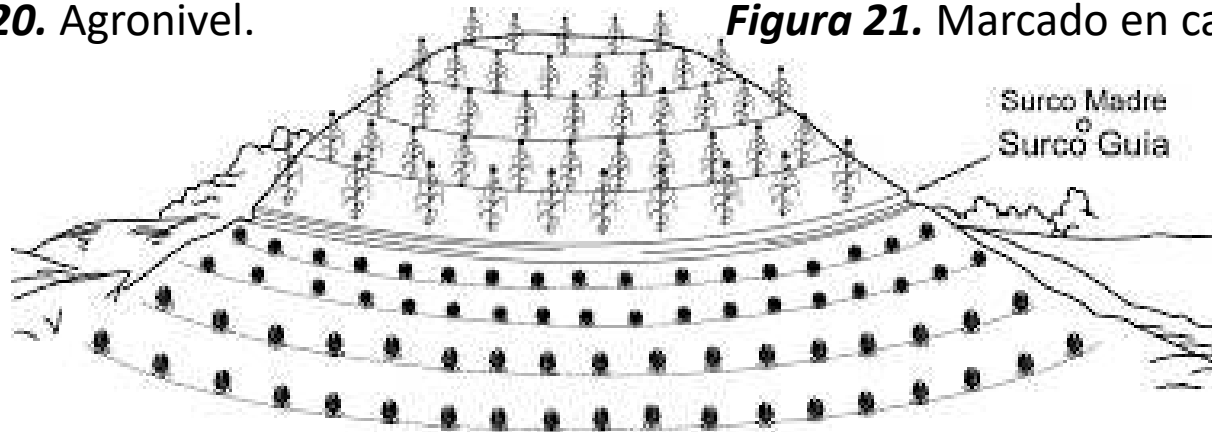


Figura 22. Patrón de labranza establecido con Línea Clave.

SOFTWARE LIBRE PARA KEYLINE



DISEÑO EXPERIMENTAL

	B-1		B-2		B-3		B-4		B-5		B-6		B-7	
	3		4		3		3		2		4		3	
	1		3		1		2		4		3		2	
	2		1		4		4		1		1		1	
	4		2		2		1		3		2		4	

Figura 23. Diseño experimental

TRATAMIENTOS  TESTIGO KEYLINE CINCEL RASTRA

VARIABLES

- **DEPENDIENTES**

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA
HUMEDAD VOLUMÉTRICA
DENSIDAD REAL
DENSIDAD APARENTE
RESISTENCIA MECÁNICA A LA
PENETRACIÓN
PESO DE MATERIA SECA
ALTURA
DIÁMETRO DE CUELLO

- **INDEPENDIENTES**

LABRANZA CON CINCEL
VIBRATORIO
LABRANZA KEYLINE
LABRANZA CON RASTRA DE
DISCOS

- **INTERVINIENTES**

FERTILIDAD NATURAL DEL
SUELO
PATRÓN DE LABRANZA
AGROCLIMATOLOGÍA
ENTOMOFAUNA
MATERIAL VEGETAL

PRIMER MUESTREO

Método del cilindro:

D_a , H_w y H_θ

Método del picnómetro: D_r

Teórico: Porosidad total en (%)

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$



Figura 24. Método del Cilindro de volumen conocido para hallar la densidad aparente de suelo .



Figura 25. Método del Picnómetros para hallar la densidad real.

PRIMER MUESTREO



Figura 26. Medición de resistencia a la penetración con penetrómetro.



Figura 27. Análisis del perfil del suelo para definir la labranza.

SOFTWARE PENETRO VIEWER VERSION 6.08



Figura 28. Gráfica de resistencia a la penetración en el equipo Eijkelkamp.

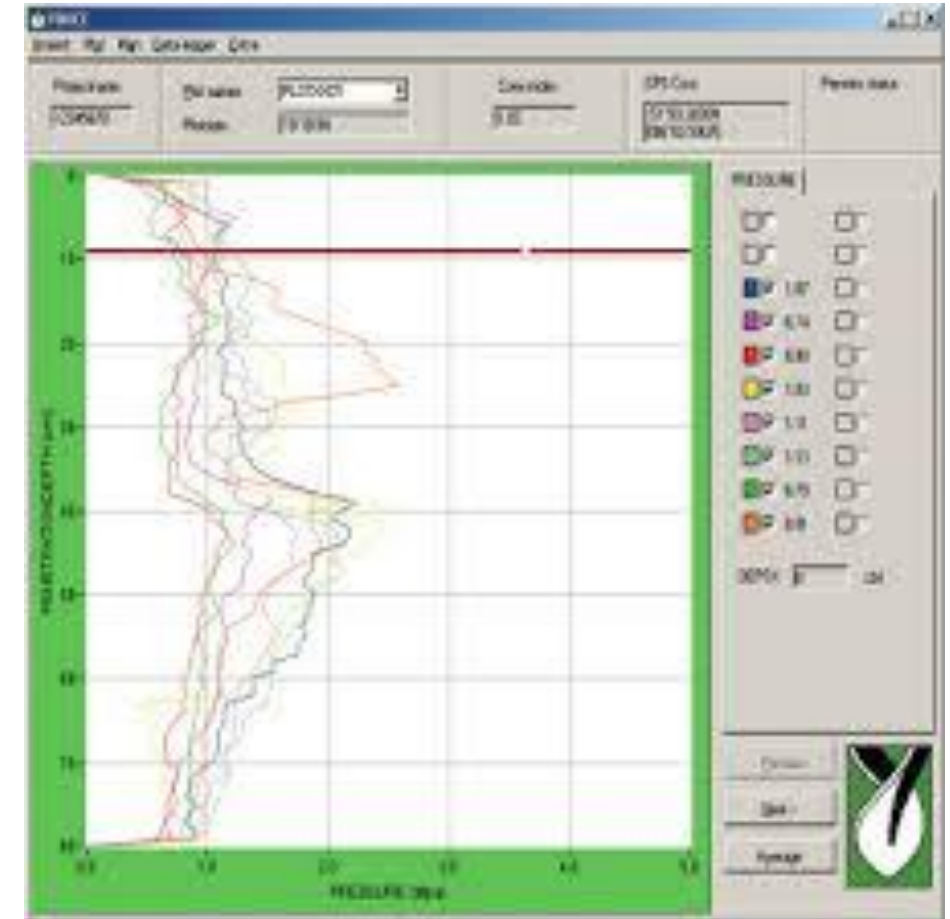


Figura 29. Software penetro viewer con mediciones hechas.

IMPLEMENTOS AGRICOLAS UTILIZADOS

Figura 30. Renovador de praderas.



Figura 31. Cinzel vibratorio.

Figura 32. Rastra de discos (Disc harrow).



ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS



Figura 33. Tratamiento con cincel vibratorio.

ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS



Figura 34. Tratamiento con rastra de discos.

ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS



Figura 35. Tratamiento con renovador de praderas.

SIEMBRA DE LA CANAVALIA

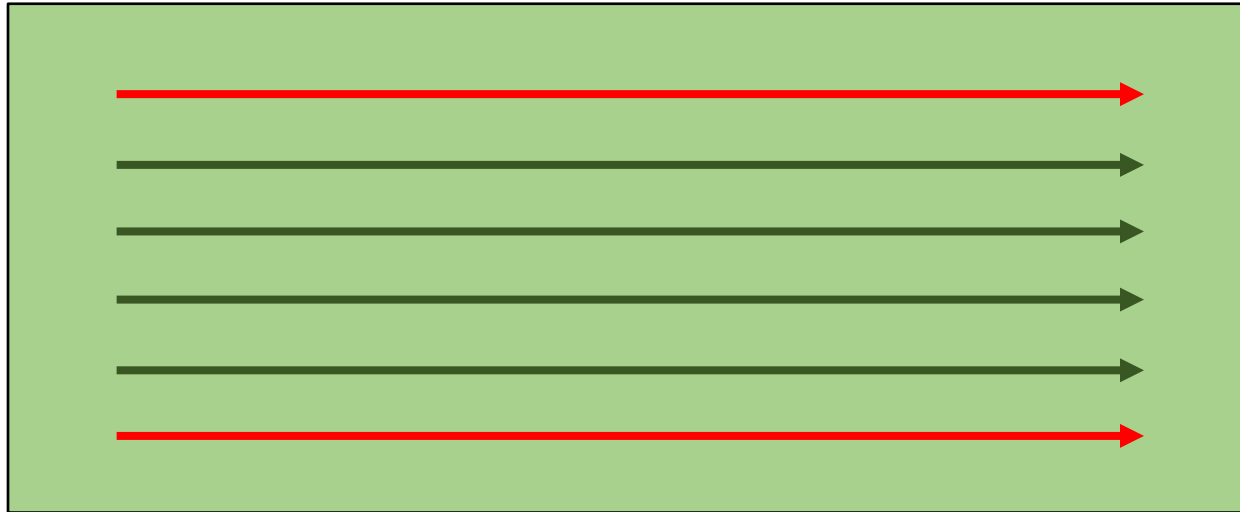


Figura 36. Sitios de siembra de frijol canavalia.



Figura 37. Siembra de frijol canavalia.

SEGUNDO MUESTREO



Figura 38. Medición de la resistencia a la penetración con penetrógrafo.



Figura 39. Estabilidad de agregados con prueba de Yoder.



Figura 40. Prueba del cilindro de volumen conocido.

TERCER MUESTREO

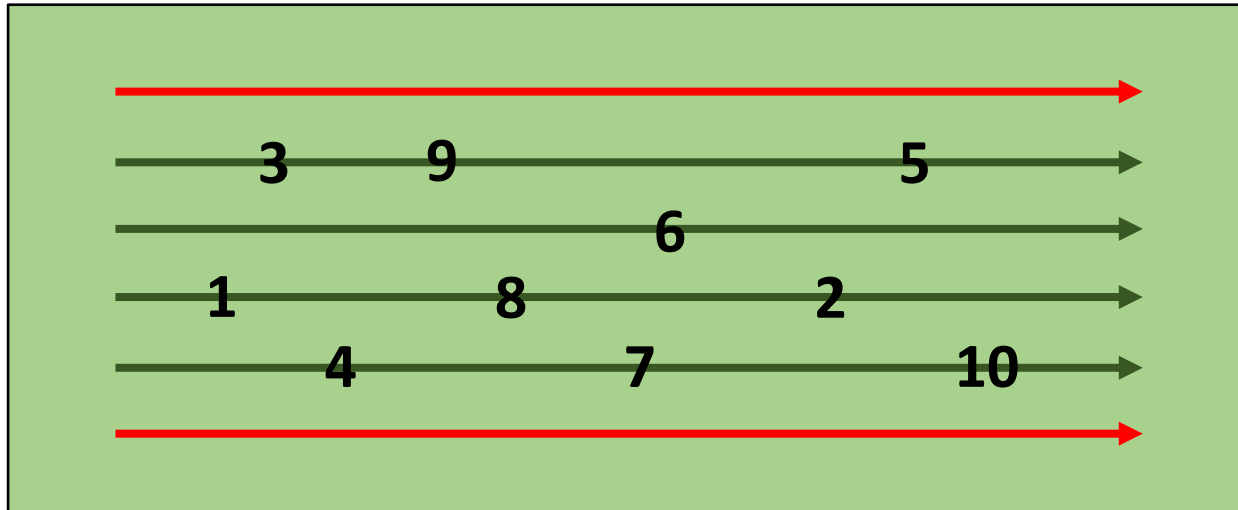


Figura 41. Muestreo al azar de frijol canavalia.



Figura 42. Canavalia en estufa a 105°C por 72 horas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANALISIS ESTADISTICO



Se realizó una ANCOVA de comparación de medias por el Test Tukey-Kramer con un ($\alpha=0.05$), en el programa SAS[®] versión 9.4.

Se realizó pruebas de Normalidad por el test de Kolmogorov-Smirnov

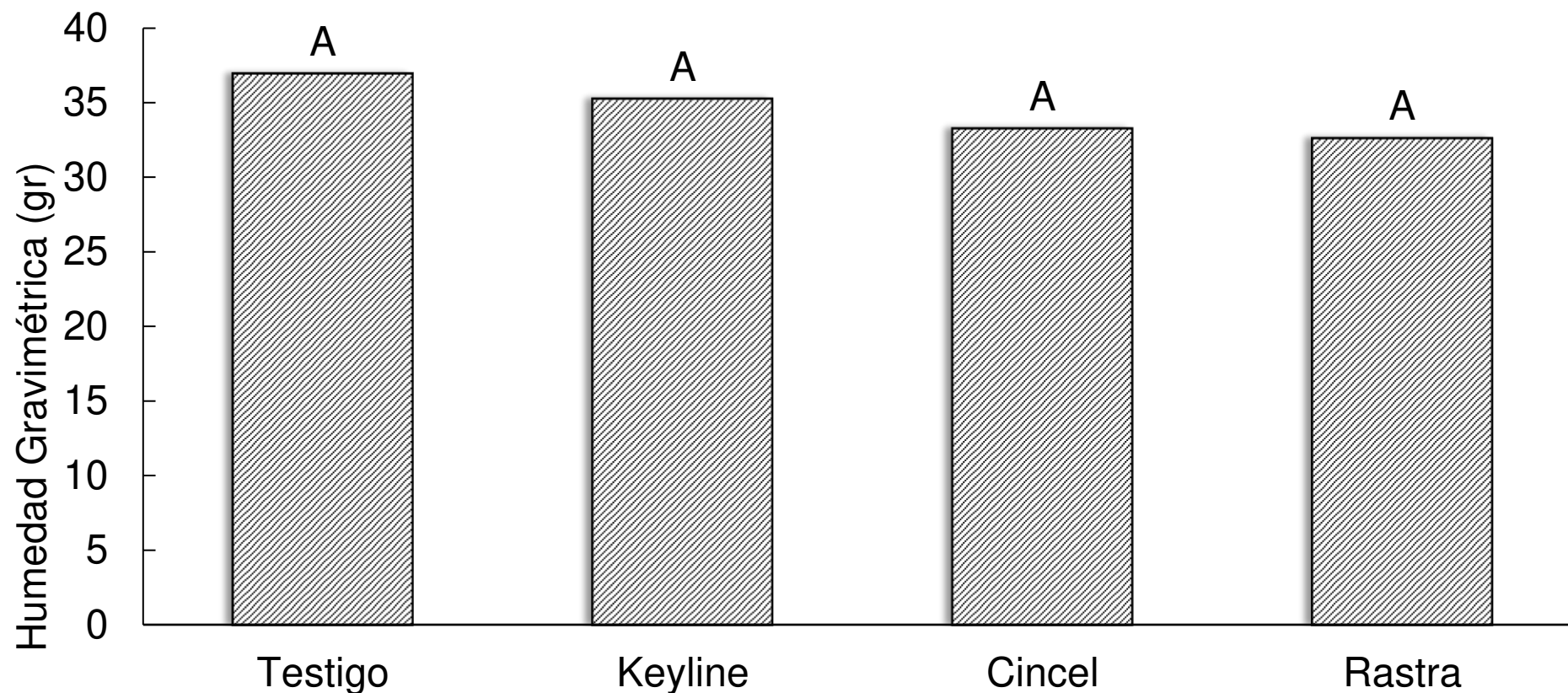
Shapiro-Wilk

Cramer-von Mises

Anderson-Darling

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA

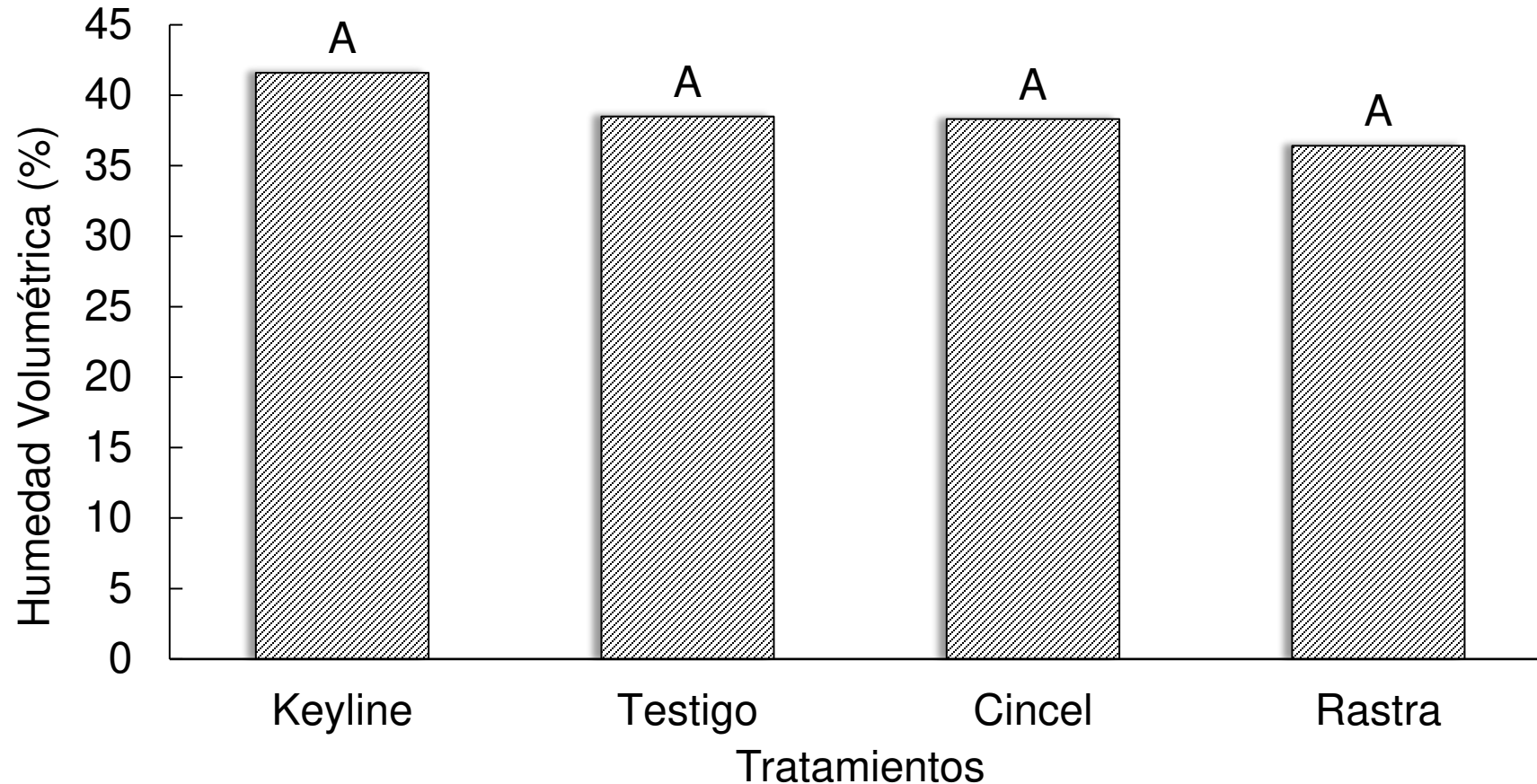
Gráfico 1. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de la humedad gravimétrica con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. *Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

HUMEDAD VOLUMÉTRICA

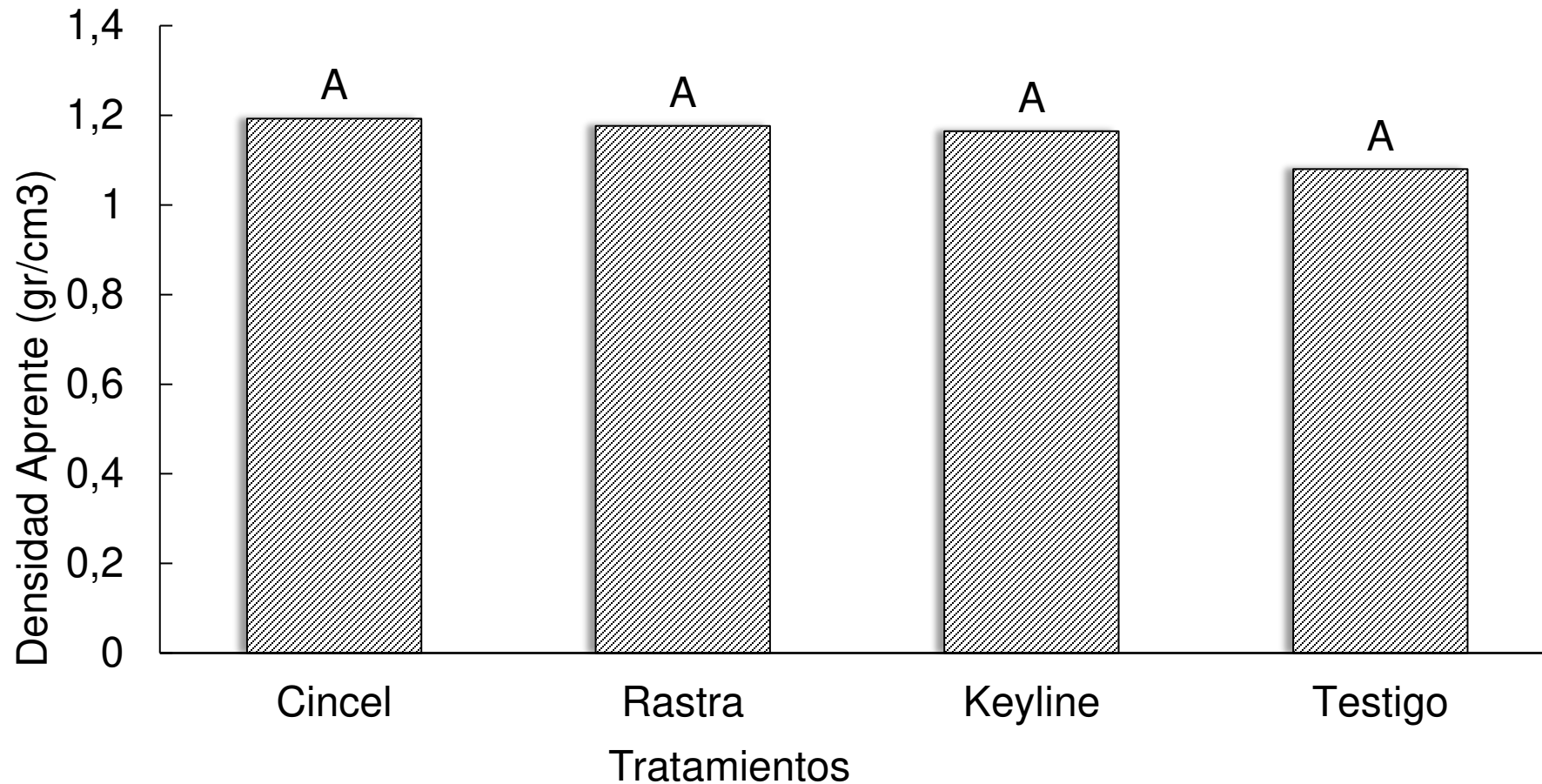
Gráfico 2. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de la humedad volumétrica con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. *Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

DENSIDAD APARENTE

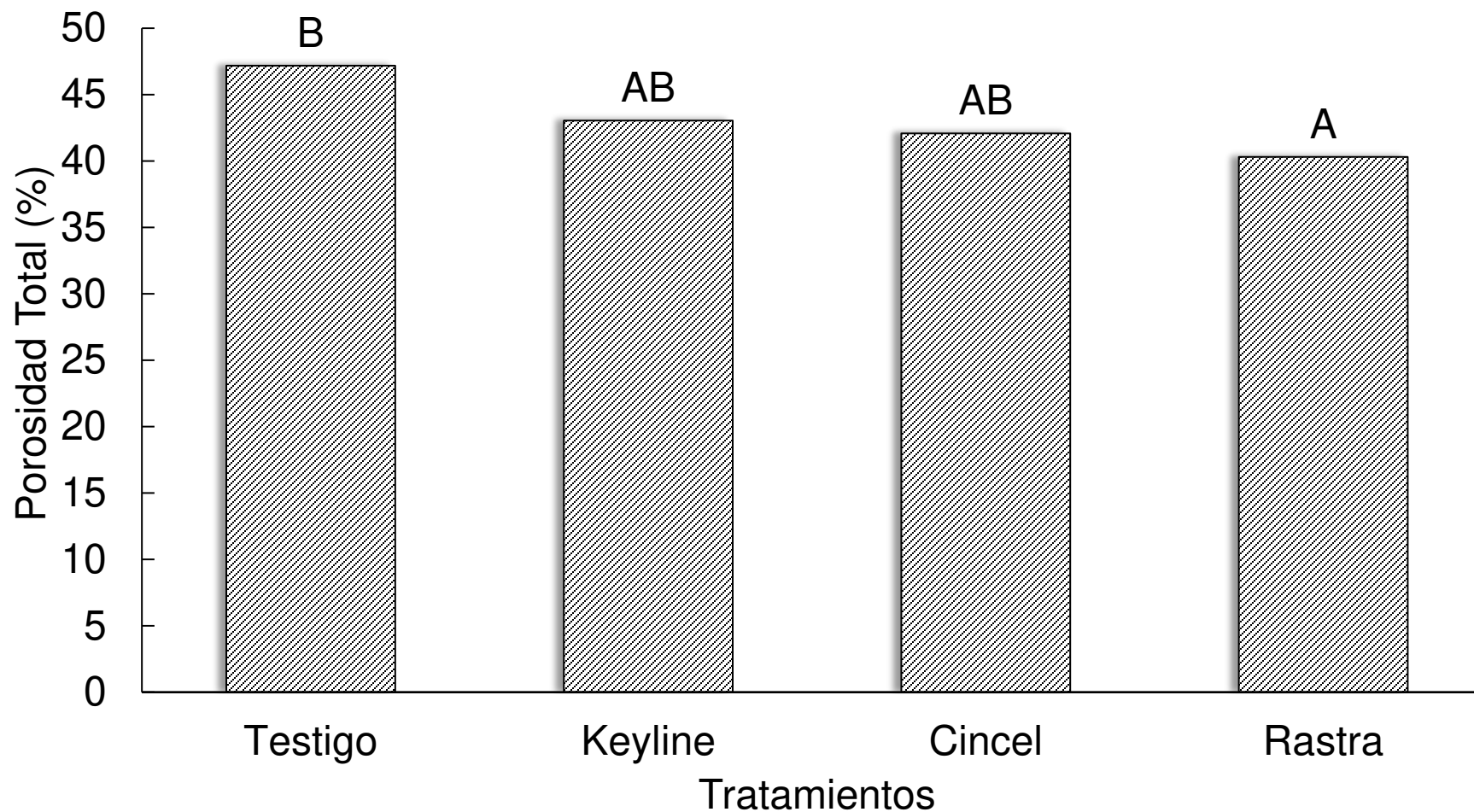
Gráfico 3. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de la densidad aparente con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. *Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

POROSIDAD TOTAL

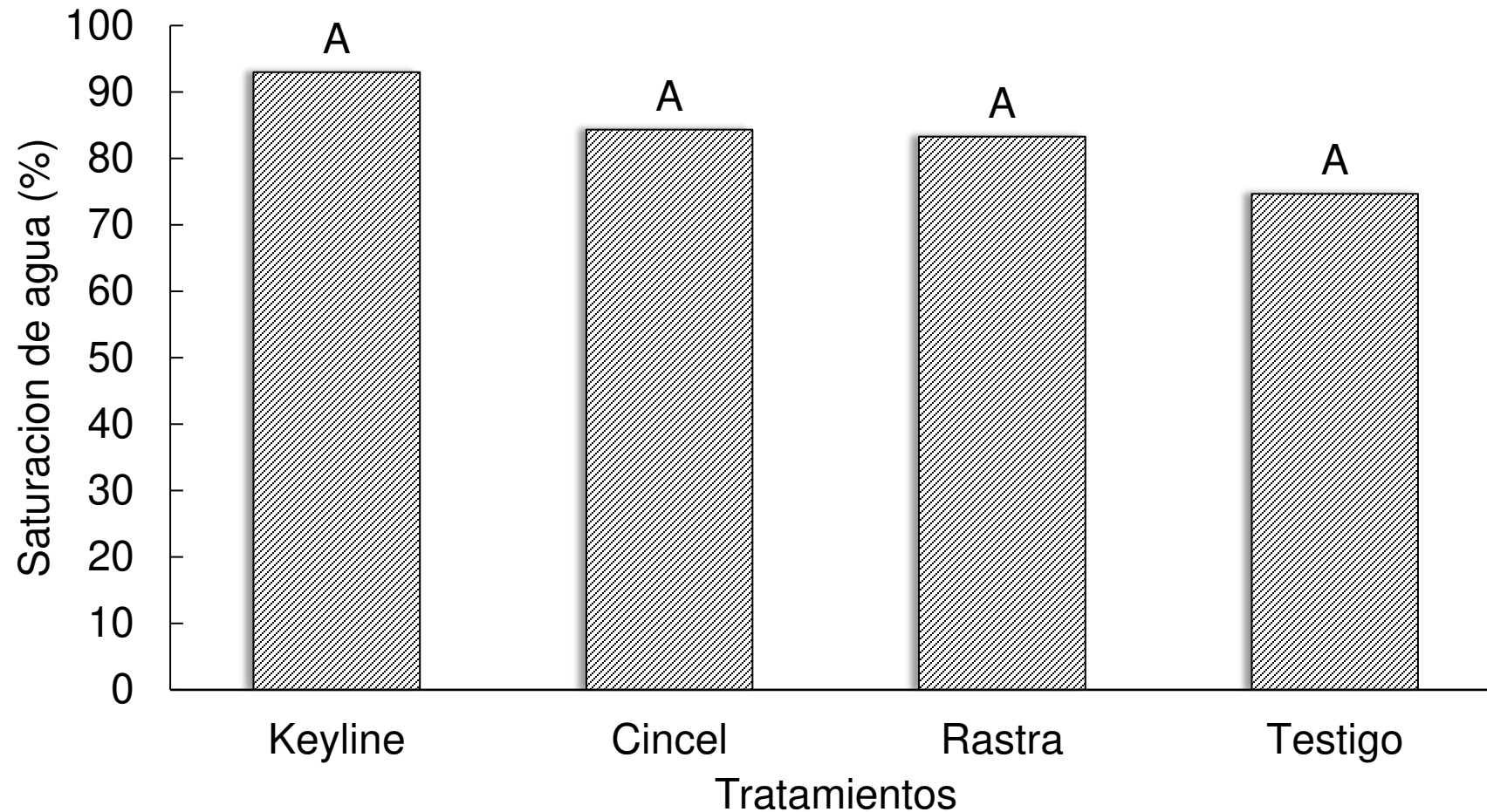
Gráfico 4. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de porosidad total en (%) con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. * Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

PORCENTAJE DE SATURACION DE AGUA

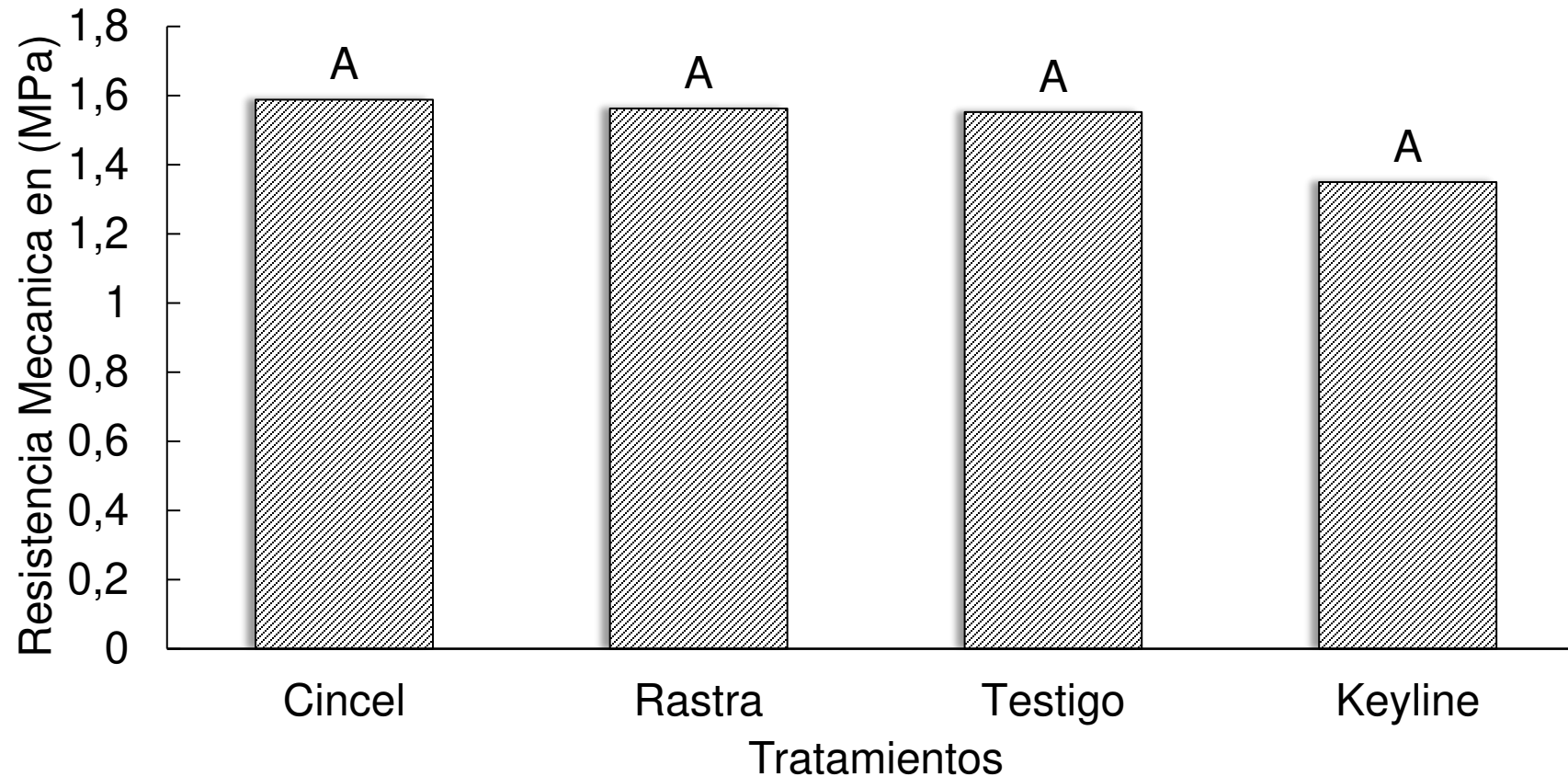
Gráfico 5. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de saturación de agua en (%) con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. * Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

RESISTENCIA MECÁNICA A LA PENETRACIÓN

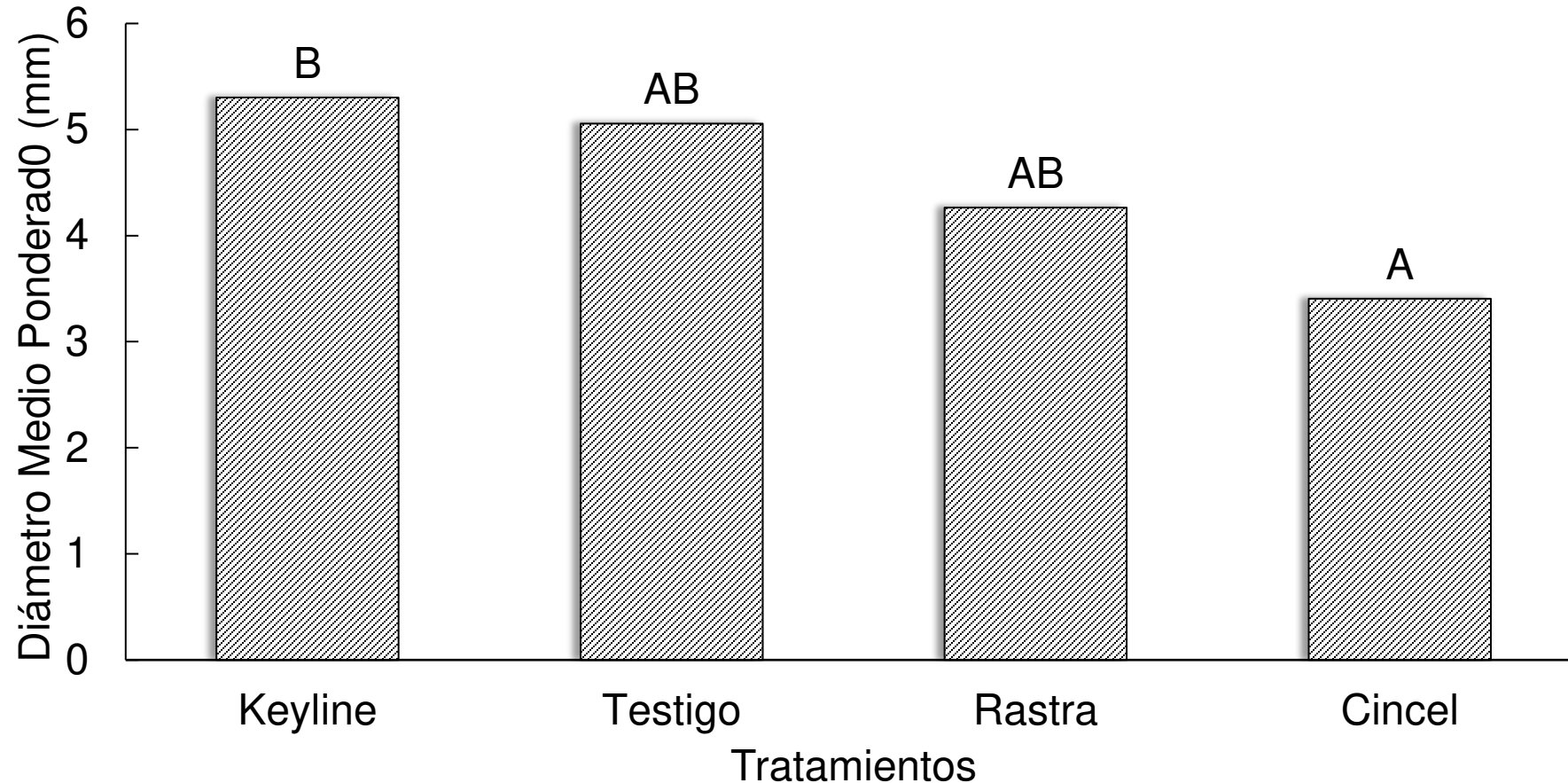
Gráfico 6. Test de Tukey-Kramer de medias de los datos de resistencia mecánica a la penetración en (MPa) con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. * Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

DIAMETRO MEDIO PONDERADO

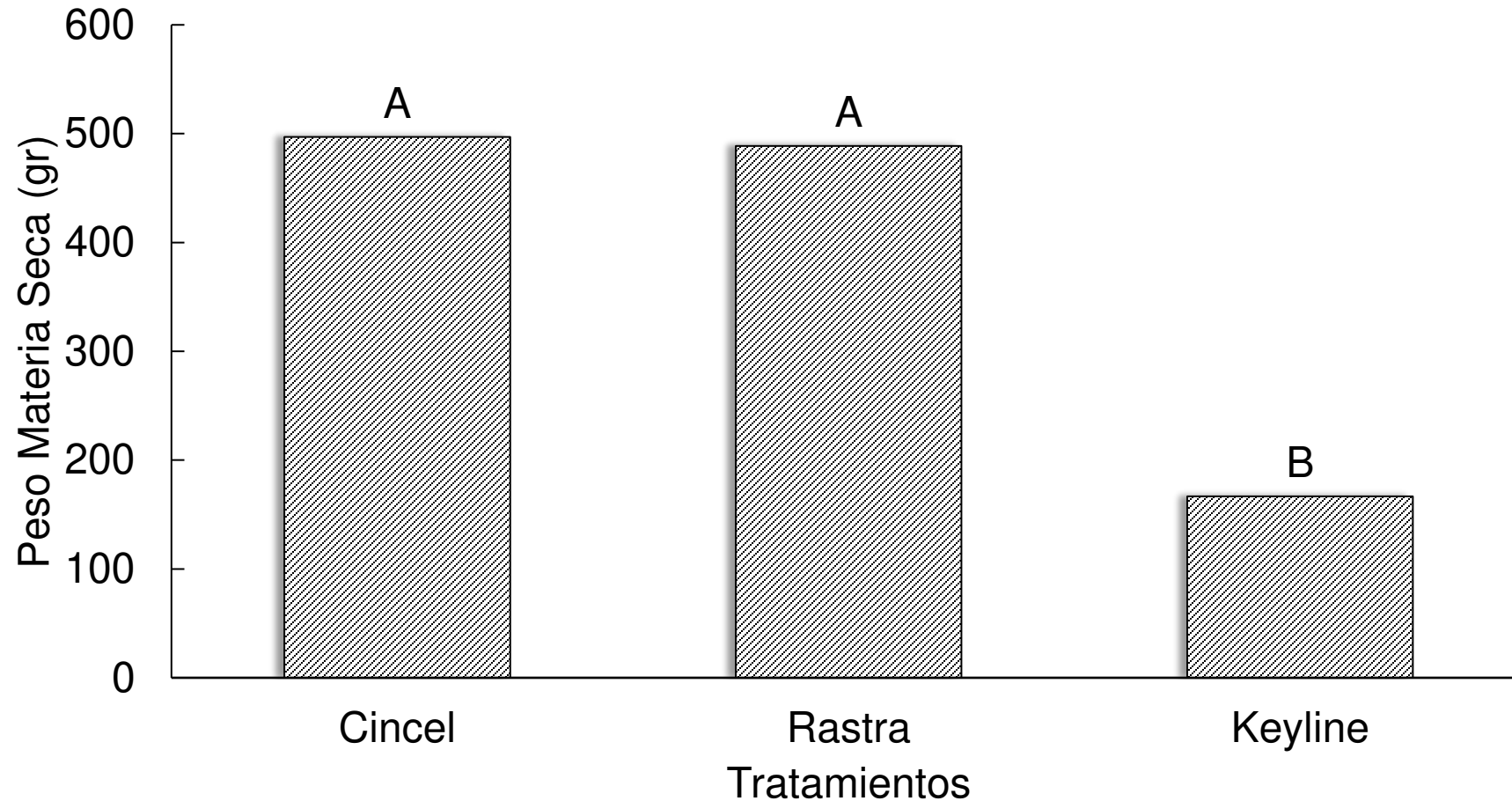
Gráfico 7. Test de Tukey de medias de los datos del diámetro medio ponderado (DMP) con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. * Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

MATERIA SECA ACULULADA

Gráfico 8. Test de Tukey de medias de los datos de peso de materia seca de la canavalia con relación a los tipos de labranza en un suelo oxisol de la Unidad Rural de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona.



Fuente: El autor. * Los valores con misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$).

CONCLUSIONES

1. La caracterización de las propiedades físicas e hidrogeológicas del suelo experimental permitió establecer que existen cambios e interacciones muy diferentes en un espacio menores a una hectárea.
2. Es necesario incluir la mayor cantidad de pruebas posibles para toma de decisiones al momento de realizar algún tipo de cultivo, debido a que la alta variabilidad que presentan los suelos ya que esta puede afectar significativamente los resultado esperados.

3. El establecimiento de los sistemas de labranza están determinados por resultados que se obtenga de la caracterización de las propiedades del suelo, con el fin de minimizar los efectos negativos de estas prácticas, promover su conservación y mitigar de los efectos climáticos que conlleva su degradación.
4. Los modelos convencionales de labranza dejan de lado conceptos o factores importantes al momento de definir la labranza, contrario a lo que ocurre con el keyline, el cual se basa basándose en la escala de permanencia, el diseño hidrológico y la morfología del terreno, sus propiedades físico-bióticas y medioambientales para establecer el patrón de labranza, el cual genera efectos positivos, tanto para el cultivo, como para el medio ambiente.

5. Los diferentes sistemas de labranza tuvieron una influencia relevante en cuanto a las propiedades hidrogeológicas del suelo, siendo las más significativas, como la porosidad total donde el testigo obtuvo el mayor valor con el 47,1795%, seguido del keyline con 43,0372%, el cincel con 42,078 y por último el rastra con 40,3168%.
6. Para los valores de estabilidad de agregados, el mayor valor lo reportó el keyline con un diámetro medio ponderado de 5,3013mm, después el rastra con 4,2635mm y de último el cincel con 3,404mm.

RECOMENDACIONES

- La realización de los muestreos de las propiedades del suelo, se debe realizar con la ayuda de personal capacitado para reducir los cambios que se puedan presentar debido a las condiciones ambientales durante el tiempo de su recolección.
- La cantidad de análisis de laboratorio para las propiedades del suelo, hace necesario que se aumente el tiempo de experimentación para lograr la obtención de los resultados mas acertados, en cuanto a la influencia de los implementos de labranza sobre estas.
- El uso de herramientas de geomática y de agricultura de precisión pueden reducir los tiempo en la toma de resultados de algunas propiedades del suelo para la reducción de análisis de laboratorio que toman mas tiempo.

¿PREGUNTAS?

REFERENCIAS

- Amézquita, E. (1997). <https://cgspace.cgiar.org>. Recuperado el 26 de Enero de 2020, de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71991/64145.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amézquita, E. (1998). <https://cgspace.cgiar.org>. Recuperado el 26 de Enero de 2020, de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71672/64143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amézquita, E., D, M., Chávez, L., & Ricaurte, J. (2000). <http://ciat-library.cgiar.org>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de http://ciat-library.cgiar.org/Articulos_Ciat/degradacion_capa_arable.pdf
- CIAT, CIRAT. (2001). *Agroecología y biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Cali.
- Collins, A., & Doherty, D. (2008). Soil, water & Carbon for Every Farm. Building Soils, Harvesting, Storing Carbon. 1.14.

REFERENCIAS

- CORPOICA, CIAT, TSBF . (2007). *BASES PARA LA CONSTRUCCION DE SUELOS PRODUCTIVOS A TRAVES DEL DESARROLLO DE UNA CAPA ARABLE EN SUELOS DE SABANAS INFERTILES DEL TROPICO*. Guanajuato, México.
- Galvis, J., Chaparro, O., Bernal, J., & Baquero, J. (2016). <http://hemeroteca.unad.edu.co>. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <http://hemeroteca.unad.edu.co>:
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1613/1943>
- Gordón, R., Franco, J., De García, N., & González, A. (1994). <https://revistas.ucr.ac.cr>. Recuperado el 1 de Febrero de 2020, de <https://revistas.ucr.ac.cr>:
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/24662/24881>
- Gordon, T. (2016). <https://tooleystrees.com>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de <https://tooleystrees.com/pcat/34/>
- Gras, E. (2010). *Cosecha de agua y tierras. Diseño con Permacultura* (Vol. 1). Mexico, México D.F., México: Coas.

REFERENCIAS

- IDEAM. (2015). *CLIMA DEPARTAMENTO DEL META*. Bogotá.
- IGAC. (2016). *El Conocimiento de los Suelos y Tierras de la Orinoquia Colombiana*. (IGAC, Intérprete) Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- IMTA. (2013). <http://repositorio.imta.mx>. Recuperado el Febrero de 2020, de <http://repositorio.imta.mx>:
<http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1681>
- INSTITUTO HUMBOLDT. (2013). *Evaluación estratégica Ambiental*. Bogotá.
- Jaramillo, D. F. (2002). *INTRODUCCION A LA CIENCIA DEL SUELO*. Bogotá: Unimedios Unal (Medellín).
- Lorenzo, R. (1988). <https://repository.agrosavia.co/>. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de https://repository.agrosavia.co:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11437/59558_51760.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=474
- Malagón, D. (2003). <https://pdfs.semanticscholar.org>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de
<https://pdfs.semanticscholar.org/d058/56b89c869fe5ebaaa8114115a46a5c09fe80.pdf>

REFERENCIAS

- Martínez, D., Landini, A., Soza, D., Heredia, O., & Sainato, O. (4 de Noviembre de 2010). *<https://rid.unrn.edu.ar>*. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de https://rid.unrn.edu.ar/jspui/bitstream/20.500.12049/3901/1/2011_Mart%C3%ADnez_Efecto%20pisoteo%20animal%20en%20propiedades%20del%20suelo%20l.pdf
- Mendoza, M., Romo, R., & Medina, P. (7 de junio de 2018). *<http://www.scielo.org.mx>*. Recuperado el 1 de Febrero de 2020, de http://www.scielo.org.mx/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662018000200058&script=sci_arttext
- Muzilli, O. (1989). *www.agrosavia.co*. Recuperado el 1 de Febrero de 2020, de [www.agrosavia.co:https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11437/59558_51760.pdf?sequence=1#page=148](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11437/59558_51760.pdf?sequence=1#page=148)
- Novillo, I., Carrillo, M., Cargua, J., Moreira, V., Albán, K., & Morales, F. (24 de Mayo de 2018). *<https://dialnet.unirioja.es>*. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6587923.pdf>

REFERENCIAS

- Ordúz, J., Chacón, A., Linares, V., & Baquero, J. (1998). <https://repository.agrosavia.co>. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de https://repository.agrosavia.co:https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11437/59558_51760.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=474
- Orjuela, H., Rubiano, Y., & Camacho, J. (2010). <https://revistas.udca.edu.co>. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <https://revistas.udca.edu.co:https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/726/765>
- Ossa, A., Trujillo, S., & De la Ossa, J. (2016). <https://www.researchgate.net>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/325496866_The_Savanna_formation_of_great_productive_value/fulltext/5b11547e0f7e9b49810177ad/The-Savanna-formation-of-great-productive-value.pdf
- Osuna, E., Benjamín, F., Oleschko, K., María, F., Mario, M., & Félix, G. (Enero de 2006). <http://www.scielo.org.mx>. Recuperado el 24 de Enero de 2020, de <http://www.scielo.org.mx: http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v40n1/1405-3195-agro-40-01-27.pdf>
- Rippstein, G., Amézquita, E., Escobar, G., & Grolier, C. (1999). *CONDICIONES NTURALES DE LA SABANA*.

REFERENCIAS

- Sass, R., & Taylor, S. (25 de Octubre de 2013). <https://hal.archives-ouvertes.fr>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01234801/document>
- Uribe, H., & Rouanet, J. (Octubre de 2002). <https://scielo.conicyt.cl>. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de https://scielo.conicyt.cl:https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000400007&script=sci_arttext&tlng=en
- USDA. (1999). *GUIA PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SUELO*. WASHINGTON.
- Venialgo, C., Ingaramo, O., Ibano, S., Roldàn, M., Banzhaf, G., & Gutierrez, N. (24 de Enero de 2004). www.studylib.es. Recuperado el 24 de Enero de 2020, de www.studylib.es: <https://studylib.es/doc/6551826/%C3%ADndice-de-cono--humedad-presente-y-densidad-aparente-en>
- Yeomans, P. (1954). <https://soilandhealth.org>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de <https://soilandhealth.org>: <https://soilandhealth.org/book/the-keyline-plan/>
- Yeomans, P. (1958). <https://soilandhealth.org>. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de <https://soilandhealth.org>: <https://soilandhealth.org/book/the-challenge-of-landscape/>

KEYLINE EN EL PIEDEMONTE



KEYLINE LOS LLANOS ORIENTALES

