# ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN CUADRÁTICA EN LA COMPACTACIÓN DEL SUELO

**Ramón de Lavilla, N. A.; Galindo, G. S.; García, A. M.; Macchioni de Zamora, N. I.; Delgado, J. A.**
Facultad de Agronomía y Zootecnia – Universidad Nacional de Tucumán – Tucumán – Argentina
noniramon@aol.com; galindo@arnet.com.ar; nimacchioni@hotmail.com; anamaga2000@yahoo.com; jad@faz.unt.edu.ar
Área temática: Aplicaciones de la Matemática
**Palabras claves:** Función cuadrática – Compactación del suelo

**Resumen**
En este trabajo se muestra como los alumnos, de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán, cuando se les presenta un ejemplo de la vida real, ven la necesidad de aplicar contenidos matemáticos impartidos en la asignatura Matemática del Ciclo Básico.
En particular, frente al modelo matemático que explica el fenómeno de la compactación del suelo en función de la Densidad Aparente del Suelo (DAP), los alumnos pudieron analizarlo e interpretarlo usando como herramienta los conceptos adquiridos sobre función cuadrática.

**Introducción**

Para la mayor parte de los estudiantes de las ciencias agronómicas, los contenidos matemáticos son muy a menudo subestimados en su uso y aplicación, en algunos casos ni siquiera utilizados. Bien sabido es, que para conocer a fondo una problemática y resolverla en el campo de las ingenierías debe ser expresada a través de modelos matemáticos que permitan visualizar así esa problemática.
Este tipo de estrategias movilizan el interés por aprender matemática mediante la aplicación y el desarrollo de ejemplos obtenidos a través de la investigación agropecuaria.
El objetivo de este trabajo es mostrar como los alumnos analizaron e interpretaron un modelo matemático que explica el fenómeno de la compactación del suelo en función de la Densidad Aparente del Suelo (DAP), usando como herramienta los conceptos adquiridos sobre función cuadrática.

**Fundamentación**

Los contenidos de Matemática proporcionan al alumno de las carreras que se dictan en facultades de Agronomía, Zootecnia, Forestal y afines, las herramientas básicas necesarias para interpretar problemas agronómicos que van surgiendo en el cursado de las diferentes materias. Es por ello que nos avocamos a la búsqueda de situaciones problemáticas reales para lograr que los alumnos las interpreten, analicen y describan mediante modelos matemáticos, integrando así contenidos del ciclo básico con el ciclo preprofesional.
Esto permitirá que ellos desarrollen habilidades y asimilen conocimientos significativos en una tarea orientada hacia la construcción y elaboración de saberes.

**Desarrollo**

Entre las diferentes funciones que se enseña en Matemática, la función cuadrática es de gran aplicabilidad en modelos agronómicos.
Su expresión general, en forma polinómica, es

$$f(x) = a x^2 + b x + c \quad \text{con } a, b, c \in R, a \neq 0$$

y en forma canónica,

$$f(x) = a (x - k)^2 + h \quad \text{con } a, k, h \in R, a \neq 0$$

de la que se puede obtener, inmediatamente, los elementos característicos de su gráfica (vértice y eje de4 simetría), llamada parábola.
Al estudiar esta función los alumnos analizan la influencia de los distintos parámetros visualizando los cambios que estos producen teniendo como referencia a la gráfica de la denominada curva testigo, cuya expresión es:

$$f(x) = a x^2 \quad \text{donde } b = c = 0$$

Entre las actividades que los alumnos realizan durante el cursado de la asignatura Uso del Suelo, de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT, del ciclo preprofesional, se encuentran la revisión bibliográfica, análisis de textos, guías, trabajos de investigación publicados en libros, actas de jornadas y congresos de Ingeniería Rural.
En esta oportunidad se seleccionó de la Guía "Evaluación y Medida de la Compactación de Suelo", la evolución de los estados de compactación del suelo y su dependencia de la Humedad del mismo y de la Energía de compactación, estableciendo relaciones directas en función de variables intrínsecas del suelo como ser contenido de materia orgánica, textura y estructura del suelo.

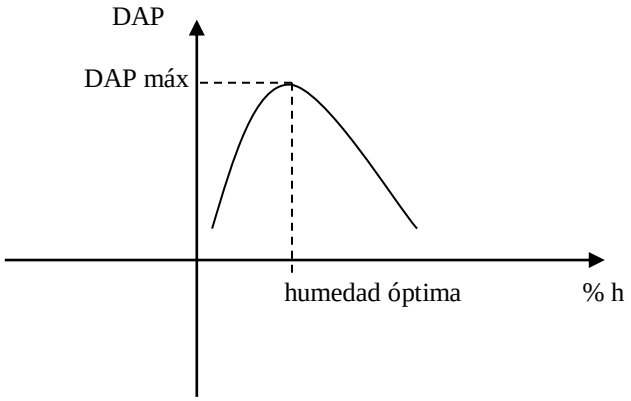
Se desprende de la lectura de este material bibliográfico que el resultado de la evolución de la compactación de suelo medida en términos de DAP responde a un análisis multivariable por lo que resultaría difícil encontrar un modelo que involucre la variación de todos los factores que influyen. Por ello se han seleccionado trabajos de laboratorio realizados con muestras de suelo sometidas a humedecimiento y posterior compactación manual con energía de compactación o presión de contacto constante, obteniendo la evolución de la densidad aparente del suelo para una misma muestra de suelo y poder determinar a qué densidad máxima se llega con un determinado grado de humedad. En la medida que un suelo se humedece, o sea aumenta su contenido hídrico, es más susceptible a la compactación y la evolución de la densidad aparente. Esta situación puede modelizarse a través de una función cuadrática dependiente de la humedad o contenido hídrico que se expresa:

$$DAP = a\,h^2 + b\,h + c$$

siendo:

DAP: Densidad Aparente del suelo ($gr/cm^3$)
a: Factor de textura
b: Factor de materia orgánica
c: Factor de cohesión
h : porcentaje de humedad (gr agua /100gr suelo seco)

Su representación gráfica es una parábola con sus ramas hacia abajo, donde la abscisa y la ordenada del vértice, su punto de máxima altura, corresponden a la máxima DAP para un contenido de Humedad óptima respectivamente, como se muestra en la gráfica Nº 1:




**Gráfica Nº 1:** DAP en función del porcentaje de humedad

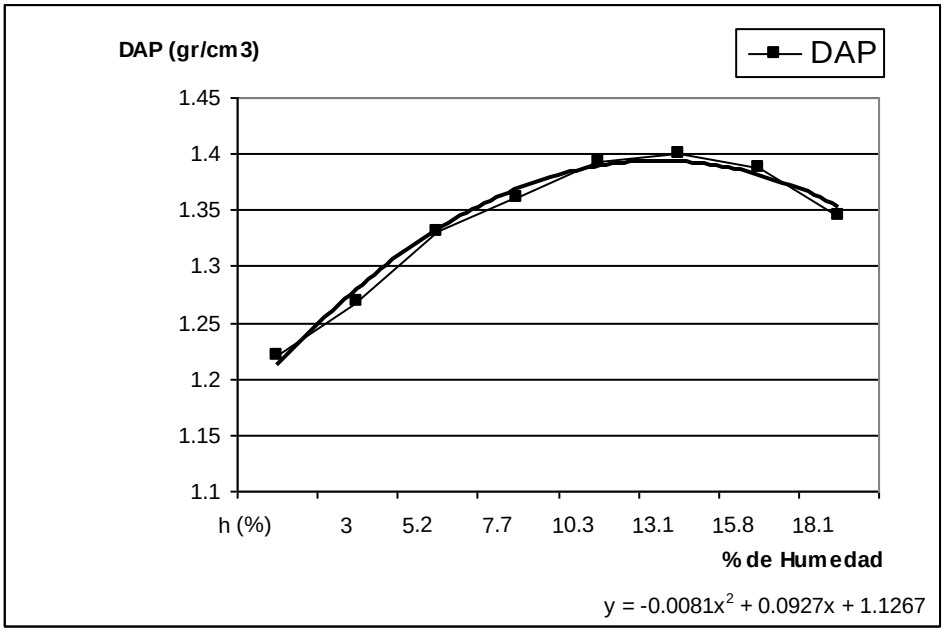
Se propuso la realización de la siguiente actividad:

1. Extraiga datos del trabajo de laboratorio perteneciente a un ensayo de compactación practicado en una muestra de suelo a contenidos crecientes de humedad denominado Ensayo Proctor T-99 y a energía de compactación constante y encuentre el modelo matemático que mejor se ajuste a esta situación.
2. Obtenga su representación gráfica.
3. Interprete los resultados desde el punto de vista tanto agronómico como matemático obtenidos.

**Resultados**

En el desarrollo de la actividad propuesta se ajustaron los datos obteniéndose la siguiente gráfica y la ecuación de su línea de tendencia, que responde a una función cuadrática de expresión:

$$y = -\,0.0081\,x^2 + 0.0927\,x + 1.1267$$




El estudio de esta función permitirá interpretar el fenómeno y predecir comportamientos sobre el mismo.
Se comprueba que la gráfica es una parábola, donde la ordenada del vértice determina que la Densidad Máxima. Aparente del suelo es de 1,4 gr/cm$^3$, y la abscisa, que el contenido de Humedad óptima es de aproximadamente 14% de humedad.
Además se observa como es la evolución de la Densidad Máxima Aparente del suelo a medida que la humedad varía.
El hecho tener valores numéricos de Densidad Máxima Aparente del suelo en función de la humedad ha permitido incrementar el conocimiento sobre la compactación del suelo, algo importante a tener en cuenta, ya que es una de las problemáticas que más influye en el rendimiento de los cultivos.

**Conclusión**

En este modelo de compactación del suelo, que representa una situación real en el campo agronómico, los alumnos se dieron cuenta de la necesidad de recurrir a conceptos matemáticos de función, en este caso función cuadrática y de estudiar los elementos característicos de su gráfica, para poder describir, interpretar, verificar y predecir procesos de la naturaleza.
Propuestas de aprendizaje como esta permite a los estudiantes la organización y puesta en marcha de una tarea conjunta e independiente, los orienta en la búsqueda de soluciones a problemas agropecuarios, en este caso la influencia en el rendimiento de los cultivos, a través de modelos matemáticos.
Mediante estas prácticas los alumnos lograrán desarrollar habilidades y asimilar conocimientos significativos en una tarea orientada hacia la construcción y elaboración de saberes, en aplicaciones que resultan interesantes y atractivas cuando deben estudiar el suelo y los factores que modifican sus condiciones para optimizar las prácticas agropecuarias.

**Referencia bibliográfica**


- Guía de Trabajos Prácticos. Cátedra de Matemática. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. 2007, 2008.
- Larson; Hostetler; Edwards. *Cálculo*. Volumen 1. Editorial Mc Graw Hill. Buenos Aires. 1994.
- Botta G., D. Jorajuría D., y L. Draghi. La compactación en suelos de baja capacidad portante. En: Avances en el manejo de suelos y agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana. Editores: Balbuena, R. H.; Benez, S.H.; Jorajuria, D. Ed. UNLP, La Plata, Argentina. P: 2-9. 1998.
- Fernández, R., A. Lupi, H. Reis, N. Pahr, J. Bernio, . Compactación de suelos. Efecto del desmonte y la cosecha forestal sobre un Ultisol. En: Avances en el manejo de suelos y agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana. Editores: Balbuena, R. H.; Benez, S.H.; Jorajuria, D. Ed. UNLP. La Plata. p: 105-112, 1998.

- Mac Donagh P y Balbuena R. Efecto del tránsito en cosecha forestal sobre la compactación del suelo. En Sistemas de Producción Forestal. Análisis, Cuantificación y Sustentabilidad. Seminario Internacional, Talca, Chile. p:193-208, 1996.
- Botta G., Jorajuria D. Draghi. Compactación subsuperficial del suelo producida por distintas intensidades de transito en un sistema frutícola. Revista I.N.I.A. Instituto Nacional de Investigación Agraria. España. Vol. 1: 200 – 210, 2002