

ANEXO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: Fertilidad de Suelos y Fertilización

Carácter de la asignatura: Obligatoria

Cátedra - Departamento: Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Departamento de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra

Carrera: Agronomía

Año lectivo: A partir de 2023

2. CARACTERÍSTICAS DE LA ASIGNATURA

Ubicación de la materia en el plan de estudio: 4º año

Duración: Cuatrimestral **Profesor responsable de la asignatura:** Roberto Alvarez.

Equipo docente: Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes

Carga horaria para el estudiante: OCHENTA (80) horas - CINCO (5) créditos. (Dos clases semanales de 2 ½ horas de duración)

Correlativas requeridas:

Aprobadas: Ecología y Microbiología Agrícola y Ambiental

Modalidad de enseñanza: *curso teórico-práctico*

3. FUNDAMENTACIÓN

El manejo adecuado de la fertilidad de los suelos y de la práctica de la fertilización resultan imprescindibles para lograr altos rendimientos y una producción sustentable y eficiente en la agricultura moderna. Un 50 % de la población mundial puede ser alimentada hoy en día gracias al uso de fertilizantes. En Argentina se ha estimado que un 15 % de la producción de granos se genera sobre la base de la fertilización nitrogenada y fosforada. Como consecuencia, resulta imprescindible la formación del agrónomo en el manejo de la fertilidad del suelo y la fertilización de cultivos para atender en su futuro profesional la demanda de conocimientos de esta área en los ambientes productivos y profesionales relacionados a la agronomía.

En la asignatura se describen y analizan procesos y mecanismos generales relativos a la fertilidad de los suelos, cuya validez se da a nivel global, y cuyo entendimiento permite a los profesionales que se forman resolver cuestiones relativas al manejo de la fertilidad en cualquier sitio y para diferentes cultivos. Debido a lo extenso e inabarcable de la temática, los ejemplos se concentran en suelos y cultivos pampeanos, principal ámbito de trabajo de los egresados de la FAUBA. Esto se debe a que un 90 % de la producción de materia seca de alimentos que genera Argentina se produce en esta región por los cultivos de granos. Los ejemplos se refieren, también, a cultivos tipo que los estudiantes estudian en otras asignaturas obligatorias del plan de estudios.

4. OBJETIVOS

Que los estudiantes logren:

- Desarrollar criterios para comprender la problemática de la fertilidad de los suelos, diagnosticar sus limitaciones para la agricultura y utilizar fertilizantes y enmiendas para mantener y mejorar la productividad en forma sustentable.
- Analizar críticamente información y su utilización para resolver satisfactoriamente problemas asociados al manejo de la fertilidad del suelo y la fertilización de los cultivos.

5. CONTENIDOS

5.1. Contenidos mínimos – Resolución RESCS-2021-430-E-UBA-REC

Panorama de la fertilidad del suelo y la relación suelo-cultivo en la Argentina, en el marco de una producción agrícola sustentable. La física como factor limitante de los cultivos y la fertilidad y suministro de nutrientes como factores básicos de la producción agropecuaria. Características y propiedades de los distintos tipos de fertilizantes y sus usos en los distintos tipos de producción. Uso de enmiendas inorgánicas y orgánicas para aumentar la cantidad y calidad de la producción. Variables de diagnóstico del suelo para monitorear la fertilidad y la calidad del suelo. Criterios de diagnóstico de la fertilidad, utilizando información de laboratorio y campo. Tecnología de la fertilización en cultivos extensivos, principalmente de la Región Pampeana, utilizando agricultura convencional y de precisión. Tecnología de fertilización de cultivos intensivos, pasturas y otros.

5.2. Contenidos desarrollados

Programa analítico

Parte 1. Fertilidad de suelos

Unidad 1 - Visión del curso. Conceptos de fertilidad y productividad del suelo. Efecto del uso del suelo sobre la fertilidad y la productividad en la Región Pampeana. Cambios en el uso del suelo y uso de fertilizantes en esta región. Marco conceptual del manejo de la fertilidad del suelo. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 2 – Limitantes de la capacidad productiva de los suelos. Limitantes físicas: capacidad de almacenamiento de agua del suelo, profundidad útil, tosca, horizontes fuertemente texturales, presencia de napa, erosión, estabilidad estructural, encostramiento superficial, capas compactadas, densidad aparente, dureza, infiltración. Efecto de todas estas variables sobre las raíces y el rendimiento de los cultivos. Cambios en estas variables asociados al manejo. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 3 – Limitantes de la capacidad productiva de los suelos. Hidrohalomorfismo: Salinidad y alcalinidad. Origen de estos procesos. Áreas afectadas. Efectos sobre los suelos y los cultivos. Reconocimientos a campo y por evaluaciones de laboratorio. Resolución de estos problemas. Cálculo del requerimiento de enmiendas. Acidez: diagnóstico, origen y efecto sobre el

rendimiento. Corrección. Diagnóstico de la capacidad productiva de los suelos. Ejercitación de reconocimiento de limitantes y diagnóstico de la capacidad productiva de suelos representativos de la Región Pampeana. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 4 – Carbono orgánico. Composición de la materia orgánica de los suelos. Materia orgánica total y lábil y su relación con el rendimiento de los cultivos. Efecto de la materia orgánica sobre la capacidad de intercambio catiónico del suelo y las propiedades físicas: retención de agua, densidad aparente, estabilidad estructural. Materia orgánica y secuestro de carbono atmosférico. Efecto del clima, la textura y la profundidad a nivel regional y de sitio sobre el carbono orgánico. Modelo general de efecto clima-textura-profundidad sobre el carbono. Variación del nivel de carbono orgánico e inorgánico de suelos pampeanos por efecto del uso. Efecto de la rotación agrícola-ganadera sobre la materia orgánica. Impacto de la secuencia de cultivos agrícolas y la fertilización sobre la materia orgánica. Estratificación de la materia orgánica bajo distintos sistemas de labranza. Pulsos de mineralización postlabranza. Cambios en los contenidos de carbono por adopción de siembra directa. Ciclo del carbono en un agrosistema. Balance de carbono en suelos de la Pampa Ondulada y la Región Semiárida Pampeana. Aporte de carbono de los cultivos en la Pampa Ondulada. Modelización de los cambios en los contenidos de carbono de los suelos de la Pampa Ondulada por efectos de la rotación y la fertilización. Modelo de balance de carbono simplificado para la Pampa Ondulada. Cálculo de balances de carbono para diferentes situaciones productivas. Tiempo asignado: 3 clases.

Unidad 5 - Nitrógeno. Componentes y flujos de nitrógeno del agrosistema, del suelo y del componente mineral. Componentes del nitrógeno del suelo y rendimiento de los cultivos. Modelos explicativos del rendimiento de los cultivos de trigo y maíz. Distribución del nitrógeno mineral en el perfil del suelo. Ciclado de nitrógeno en agrosistemas: entradas por fijación biológica, lluvia y fertilizantes y salidas por extracción por cosecha, desnitrificación, volatilización, lixiviación. Recuperación de nitrógeno del fertilizante y efecto del momento y fuente de aplicación sobre los cultivos. Procesos de reciclado de nitrógeno en el suelo: liberación por residuos en descomposición y mineralización de nitrógeno orgánico. Metodologías de coeficientes fijos y métodos de regresión. Importancia de las fuentes orgánicas de nitrógeno en la nutrición de los cultivos pampeanos. Disponibilidad de nitrógeno en función del manejo: efecto de la historia agrícola y el cultivo antecesor, del barbecho, del sistema de labranza y de los cultivos de cobertura. Cálculo de balances de nitrógeno para diferentes ejemplos productivos. Tiempo asignado: 3 clases.

Unidad 6 - Fósforo. Ciclo de fósforo en el agrosistema. Relaciones entre los *pooles* de fósforo y otras propiedades del suelo. Requerimiento de fósforo de los cultivos. Efecto del uso sobre el fósforo del suelo. Recuperación y residualidad del fertilizante fosforado. Balance. Enriquecimiento con fósforo de los suelos: experiencias en condiciones controladas y a campo. Cálculos de balances y enriquecimiento de fósforo para diferentes situaciones productivas. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 7. Azufre y otros nutrientes. Regulación y diagnóstico de la disponibilidad de azufre. Componentes del azufre del suelo: en solución,

adsorbido y en materia orgánica. Aportes por la atmósfera y aguas subterráneas y de riego. Diagnóstico de la disponibilidad de azufre. Nutrientes básicos: mecanismos de absorción. Síntomas visuales de deficiencias. Dinámica en el suelo: componentes estructural, fijado, intercambiable y soluble. Balance. Efecto del uso agrícola sobre la disponibilidad de nutrientes básicos. Diagnóstico de la disponibilidad. Micronutrientes: función y disponibilidad para los cultivos. Cálculos de absorción, exportación y balance de nutrientes básicos para diferentes situaciones productivas. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 8 - Análisis de la variabilidad de la fertilidad del suelo-muestreo. Variabilidad horizontal, vertical y temporal. Recomendaciones generales para el muestreo de suelos. Niveles probables de fertilidad nitrogenada y fosforada en suelos pampeanos. Práctica de muestreo. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 9 - Manejo de la fertilidad en producción orgánica. Definición y alcances de la agricultura orgánica. Productividad comparada de estos sistemas con la producción convencional. Uso de materiales vegetales sin procesar como abonos orgánicos. Uso de leguminosas para introducir nitrógeno a los agrosistemas. Compostaje. Pérdidas de carbono y nutrientes durante el compostaje. Caracterización de abonos orgánicos. Dosis aplicadas en la Región Pampeana. Efecto de la adición de abonos sobre las propiedades edáficas y el rendimiento de los cultivos. Tiempo asignado: 1 clase.

Parte 2. Fertilización de cultivos

Unidad 10 – Uso y características de los fertilizantes. Los fertilizantes y la producción de alimentos a nivel global y en Argentina. Consumo de fertilizantes: comparación entre zonas productivas del mundo y la Argentina. Balance de nutrientes en Argentina. Fertilizantes: origen, composición química, presentación física. Clasificación según el nutriente principal y su reacción en el suelo. Nitrogenados, fosforados, potásicos, azufrados y con micronutrientes. Enmiendas minerales y orgánicas. Enmiendas usadas para corrección de la alcalinidad y la acidez. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 11 – Leyes de la fertilidad y funciones de producción. Ley del mínimo, ley del óptimo y ley de los incrementos decrecientes. La movilidad de los nutrientes y las leyes de la fertilidad. Funciones de rendimiento comúnmente usadas para describir la relación nutriente-rendimiento: lineal-plateau, Mitscherlich, cuadrática, potencial, y logarítmica. Eficiencia de uso del fertilizante y su relación con el rendimiento: eficiencia de retención de nutriente, de absorción, fisiológica y agronómica. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 12 – Estadística de la respuesta a la fertilización y efecto interacción. Variables respuesta usadas en redes de fertilización. Modelos de regresión múltiple. Validación de modelos. Criterios para la elección de modelos de respuesta a la fertilización por el usuario. Análisis de la variabilidad en la respuesta a la fertilización nitrogenada. Criterios para el diseño de redes de fertilización. Efecto del tamaño de la red experimental sobre la estabilidad de los resultados. Limitaciones del rendimiento relativo. Problemas con la selección de datos. Comparación de la variabilidad observada en redes experimentales y por modelos de simulación. Efecto del uso del rendimiento relativo en redes de

fertilización fosforada. Aditividad - interacción en la respuesta de los cultivos extensivos a la fertilización en la Región Pampeana. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 13 - Diagnóstico de la fertilidad y recomendación de fertilización.

Valores críticos y clases de disponibilidad. Análisis de los sistemas de recomendación de fertilización: requerimiento total, respuesta promedio, reposición y enriquecimiento, balance, umbral crítico, curva de rendimiento experimental o simulada, curva de respuesta-eficiencia y rango de respuesta. Uso más eficiente de recursos limitados para la recomendación de fertilización a nivel de lote. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 14 – Fertilización de cultivos frutales y hortícolas.

Fertilización de citrus: requerimientos de nutrientes, nitrógeno, potasio, fósforo y otros nutrientes. Diagnóstico y recomendación de la fertilización. Fertilización de frutales de carozo y pepita: requerimientos de nutrientes, nitrógeno, potasio, fósforo y otros nutrientes. Diagnóstico y recomendación de la fertilización. Fertilización de cultivos hortícolas. Fertilización de papa. Requerimiento de nutrientes. Fertilización con nitrógeno, fósforo, otros nutrientes. Fertilización de ajo y tomate: requerimientos nutricionales. Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Resolución de problemas de fertilización. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 15 – Máquinas fertilizadoras, aplicación de fertilizantes, fertilización variable.

Máquinas para aplicación en cobertura total: fertilizadoras de platos aleateados, fertilizadora pendular, pulverizadoras. Máquinas para aplicación en bandas incorporado: sembradoras-fertilizadoras, fertilizadoras para sólidos incorporados. Fertilizadoras para líquidos y gaseosos incorporados. Aplicación en líneas no incorporado. Máquinas para la aplicación de abonos orgánicos. Aplicación de fertilizantes en cultivos extensivos: elección de la fuente, el momento y la ubicación del fertilizante en cultivos de granos y pasturas. Análisis para nitrógeno, fósforo y azufre. Fertilización variable a escala de lote. Definición. Variabilidad de los rendimientos e índices de vegetación. Delimitación de zonas de manejo y diagnóstico de la fertilización variable. Análisis económico. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 16 – Fertilización de trigo.

Análisis del impacto de la interacción agua-nitrógeno sobre la respuesta a la fertilización. Evaluación de la respuesta a nitrógeno. Modelos disponibles para Pampa Ondulada, Sudeste Bonaerense, Sudoeste Bonaerense y Región Semiárida Pampeana. Comparación de modelos. Modelo de balance de nitrógeno para Pampa Ondulada y para la Región Semiárida Pampeana. Resultados económicos de modelos no económicos para nitrógeno. Evaluación de la respuesta a fósforo en Pampa Ondulada, Pampa Arenosa, Sudeste Bonaerense y Sudoeste Bonaerense. Comparación de modelos para fósforo. Integración de datos de respuesta a fósforo a nivel pampeano. Reposición y enriquecimiento. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad del grano. Evaluación de la respuesta a azufre. Resolución de problemas de fertilización para diferentes nutrientes y subregiones pampeanas bajo escenarios de recursos limitantes y no limitantes. Tiempo asignado: 3 clases.

Unidad 17 – Fertilización de maíz.

Análisis del impacto de la interacción agua-nitrógeno sobre la respuesta a la fertilización. Evaluación de la respuesta a nitrógeno: modelos desarrollados para Pampa Ondulada, Pampa Arenosa,

Sudeste Bonaerense y la Región Semiárida Pampeana. Comparación de modelos. Modelo de balance de nitrógeno para Pampa Ondulada. Evaluación económica de modelos no económicos para nitrógeno. Evaluación de la respuesta a fósforo en Pampa Ondulada. Integración de datos de respuesta a fósforo a nivel pampeano. Reposición y enriquecimiento. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad del grano. Evaluación de la respuesta a azufre. Cálculo de problemas de fertilización para diferentes nutrientes y subregiones pampeanas bajo escenarios de recursos limitantes y no limitantes. Tiempo asignado: 2 clases.

Unidad 18 – Fertilización de soja y girasol. Requerimientos nutricionales de soja. Fijación atmosférica y falta de respuesta a nitrógeno. Respuesta a fósforo y azufre. Criterios desarrollados en la Región Pampeana. Requerimientos nutricionales de girasol. Respuesta a nitrógeno y fósforo. Criterios desarrollados en la Región Pampeana. Resolución de problemas de fertilización. Tiempo asignado: 1 clase.

Unidad 19 – Fertilización de rotaciones y forrajeras. Fertilización fosforada de la rotación agrícola. Cálculo de umbral económico para la metodología de reposición y enriquecimiento. Productividad y requerimientos de nutrientes de especies perennes. Fertilización con nitrógeno de verdeos invernales: modelos. Fertilización con fósforo de pasturas a base alfalfa: modelos. Resolución de problemas de fertilización. Tiempo asignado: 1 clase.

6. METODOLOGÍA DIDÁCTICA y FORMAS DE INTEGRACIÓN DE LA PRÁCTICA

El programa presenta dos bloques temáticos, uno referido a fertilidad de suelos y otro a fertilización de cultivos, ambos con carga horaria similar. Tres clases se dedican a evaluaciones y otras tres son de tipo integrador.

La modalidad de las clases es de tipo presencial con una carga horaria semanal de cinco (5) horas, basándose el proceso de enseñanza-aprendizaje en el análisis y discusión de material de lectura que los estudiantes deben leer previamente (técnicas de estudio dirigido). También resulta central la ejecución de ejercicios (técnicas de resolución de problemas). El material de lectura y los ejercicios son preparados por la Cátedra en la forma de un libro y una ayuda didáctica respectivamente. No se dictan clases de tipo expositivo ni se presenta a los estudiantes materiales, figuras, etc. que no estén incluidos en el libro o la ayuda didáctica. Esto tiene por objetivo unificar el mensaje que los docentes dan a los estudiantes en los distintos turnos. Se espera que al final de cada clase los estudiantes de todos los turnos estarán en condiciones de responder las preguntas fundamentales del tema tratado de similar manera. Los cambios o correcciones necesarios en los materiales impresos en uso son presentados a los estudiantes utilizando recursos informáticos hasta la nueva edición del material. Durante las clases los docentes incentivan la discusión de los temas abordados llevando a que los estudiantes resuelvan por sí mismos los problemas tratados. Los encargados de turnos tienen libertad de manejar la clase según su criterio, pero siempre respetando las premisas anteriormente enunciadas. Se realizan evaluaciones post curso del grado de efectividad alcanzado en los objetivos, rediseñando los materiales a usar o las preguntas y ejercicios a formular cuando

es necesario. Se realiza una encuesta a los estudiantes al finalizar la cursada con preguntas dirigidas a conocer su opinión sobre el curso y sobre los docentes.

En aula se resuelven problemas de manejo de fertilidad, la evaluación de la capacidad productiva de los suelos, la interpretación de análisis de suelo, la recomendación de dosificación y aplicación de fertilizantes. Estas instancias prácticas han sido enunciadas en las distintas unidades temáticas. Por otra parte, se realiza una práctica de campo de carácter obligatoria que consiste en un ejercicio de muestreo de suelos, cuya base conceptual corresponde a la unidad temática 8. Esta práctica se realiza en el Campo Experimental de la FAUBA y tiene por objeto ejercitar a los estudiantes en las técnicas de toma de muestras con fines de diagnóstico de la fertilidad. En función de los cultivos presentes al momento de ejecutar la misma se hace que los estudiantes diseñen la estrategia más adecuada y tomen muestras según el criterio de recomendación a emplear. La duración de la práctica, que se lleva adelante en el horario de los turnos de trabajos prácticos, es de una (1) hora.

7. FORMAS DE EVALUACIÓN

Los estudiantes deben rendir dos parciales, uno a mitad de cursada referido al módulo de Fertilidad de suelos y otro al final, centrado en el módulo de Fertilización. El segundo parcial es a la vez integrador de los conocimientos correspondientes al primer módulo de la asignatura. Se evalúa a los estudiantes para determinar si han adquirido los conocimientos y capacidades necesarios. La asignatura puede aprobarse por promoción sin examen final o aprobación con examen final.

Requisitos para aprobar la asignatura

Promoción sin examen final

- Acreditar al menos un 75% de asistencia a las clases.
- Haber aprobado cada una de las evaluaciones parciales con una nota no inferior a siete (7) puntos.

La calificación final correspondiente a la aprobación de la asignatura resulta del promedio simple de las calificaciones de los parciales.

Aprobación con examen final

a) En condición de estudiante regular.

- Acreditar al menos el 75 % de asistencia a las clases.
- Haber aprobado los parciales con una nota superior a cuatro (4) puntos. Se podrá recuperar sólo uno de los parciales para lograr la condición de regular cuando el estudiante no alcanzó la nota de 4 puntos en ese parcial.
- Aprobar el examen final con una nota igual o superior a cuatro (4) puntos.

b) En condición de libre

En el caso de estudiantes que rinden el examen libre se añade como elemento de evaluación aspectos metodológicos relacionados a resolución de problemas similares a los que se hacen en las clases.

El examen final es de tipo oral. Se sortea una bolilla del programa de examen y el estudiante tiene un tiempo no menor a 30 minutos para prepararse antes de la evaluación con los docentes.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. Bibliografía obligatoria

Álvarez R. (Ed.). 2021. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía-UBA, 485 pág.

8.2. Bibliografía complementaria

Black CA. (Ed.) 1993. Soil fertility evaluation and control. Lewis Publisher, USA. 721págs.

Brady NC. 1990. The nature and properties of soils. Mc. Millan Pub. Company, 10th Edition, 597 pág.

Colwell J.D. 1994: Estimating fertilizer requirements. CAB Int. Inglaterra, 259 pág.

Conklin AR, Meinholtz R. 2004. Field sampling. Marcel Dekker, INC, 355 pág.

Echeverría H, García FO (Eds.). 2014. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. INTA Ediciones, 2^{da} edición, 904 pág.

García F, Micucci F, Rubio G, Rufo M, Daverede I. 2002. Fertilización de forrajes en la Región Pampeana. INPOFOS.

Melgar, R, Diaz Zorita M (Eds.). 2008. La fertilización de cultivos y pasturas. Editado por INTA, 2^{da} edición, 567 pág.

Melgar R, Camozzi ME. 2002. Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Editado por INTA - Proyecto Fertilizar , 260 pág.

Stelly M (Ed.) 1984. Soil testing: correlation and interpreting the analytical results. Am. Soc. Agron. Wisconsin, 116 pág.

Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD, Havlin JL. 1993. Soil fertility and fertilizers. MacMillan Publishing Company, 634 pág.

Wilding LP (Ed.). 1994. Soil testing, prospects for improving nutrient recommendations. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA Special Publ. 40, 220 pág.



Anexo Resolución Consejo Directivo

Hoja Adicional de Firmas

1821 Universidad de Buenos Aires

Número:

Referencia: ANEXO - EX-2023-04116726 - Fertilidad de Suelos y Fertilización

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 8 pagina/s.