

Experiencia laboral en la empresa “PROFERTIL S.A.” como validación de competencias profesionales en la culminación del ciclo de formación universitaria



Facundo Javier Ess

Docente tutor

Ing. Agr. MSc. Roberto Kiessling

Docentes consejeros

Dr. Juan Manuel Martínez

Dra. Soledad Villamil

Instructor externo

Ing. Agr. Mirta Toribio

**Departamento de Agronomía
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca - Diciembre 2023**



Agradecimientos

A mi familia, por darme la vida.

A mis amigos y compañeros, por compartirla.

A los docentes de todo el ciclo educativo y tutores, por formarme profesionalmente.

A Mirta Toribio y demás personal de Profertil, por guiarme en su espacio de trabajo y compartirlo.

Índice

Resumen	4
Introducción	5
Nitrógeno como nutriente	5
Fertilización nitrogenada y urea en el mundo y en Argentina	6
Empresa Profertil S.A.	8
Elección de la empresa para la realización del trabajo final de carrera	9
Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos Formativos	11
Objetivos Específicos	11
Experiencia adquirida	12
Modalidad de trabajo	12
Tareas realizadas	12
1. Mapeo y digitalización de ensayos de investigación y desarrollo (I+D). Carga de información de ensayos en el back end de la página web Profertil.	14
Conclusión de esta actividad	16
2. Búsqueda bibliográfica e información sobre nuevos principios activos que mejoran la eficiencia de uso del nitrógeno e impacto ambiental.	17
Conclusión de esta actividad	23
3. Ordenar información de ensayos de densidad de siembra con diferentes niveles de fertilidad nitrogenada para la elaboración de un boletín técnico.	24
Conclusión de esta actividad	28
4. Desarrollar textos técnicos atractivos que estimulen el tráfico hacia la biblioteca técnica de página web Profertil.	29
Conclusión de esta actividad	33
5. Participación en recorridas de ensayos experimentales, eventos extensivos y distribuidores mayoristas de la región.	35
Visita al INTA de Bordenave por ensayos de trigo 2018-2020.	35
Viaje a Coronel Pringles para realizar muestreo de suelo para posterior análisis de N anaeróbico (Nan) en campo demostración.	36
Visita a La Bragadense S.A. - Taller: interpretación de análisis de suelo.	39
Conclusión de esta actividad	40
Consideraciones finales	41
Bibliografía	42

Resumen

Profertil S.A. es una sociedad por partes iguales entre la compañía argentina de hidrocarburos YPF S.A. y la canadiense de fertilizantes Nutrien Inc, fundada principalmente con el fin de producir, distribuir y comercializar urea granulada; el fertilizante nitrogenado sólido de mayor utilización por las empresas agropecuarias nacionales. Siendo la única fábrica de este producto en el país perteneciente a esta empresa, localizada en Ingeniero White, resulta una oportunidad inmejorable para validar las competencias profesionales del Ingeniero Agrónomo formado en la Universidad Nacional del Sur en el rubro agroindustrial. La práctica profesional supervisada (PPS) se instrumentó como entrenamiento profesional sobre las actividades que se desarrollan en el área Comercial y Marketing de la empresa. Las actividades programadas fueron: 1) Mapeo y digitalización de ensayos de investigación y desarrollo (I+D). Carga de información de ensayos en el back end de la página web Profertil, 2) Búsqueda bibliográfica e información sobre nuevos principios activos que mejoran la eficiencia de uso del nitrógeno e impacto ambiental, 3) Ordenar información de ensayos de densidad de siembra con diferentes niveles de fertilidad nitrogenada para la elaboración de un boletín técnico, 4) Desarrollar textos técnicos atractivos que estimulen el tráfico hacia la biblioteca técnica de la página web de Profertil y 5) Participar de recorridos de ensayos experimentales, eventos de extensión y distribuidores mayoristas de la región.

Introducción

Nitrógeno como nutriente

De todos los nutrientes minerales que forman parte de los tejidos vegetales, el nitrógeno (N) es el más abundante y uno de los factores de crecimiento más limitantes (Fig. 1). Considerado un macronutriente esencial, forma parte de innumerables estructuras biológicas indispensables para la vida tales como ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas o productos metabólicos, representando entre el 2 y 5 % del peso seco vegetal según la especie (Miller & Cramer, 2005).

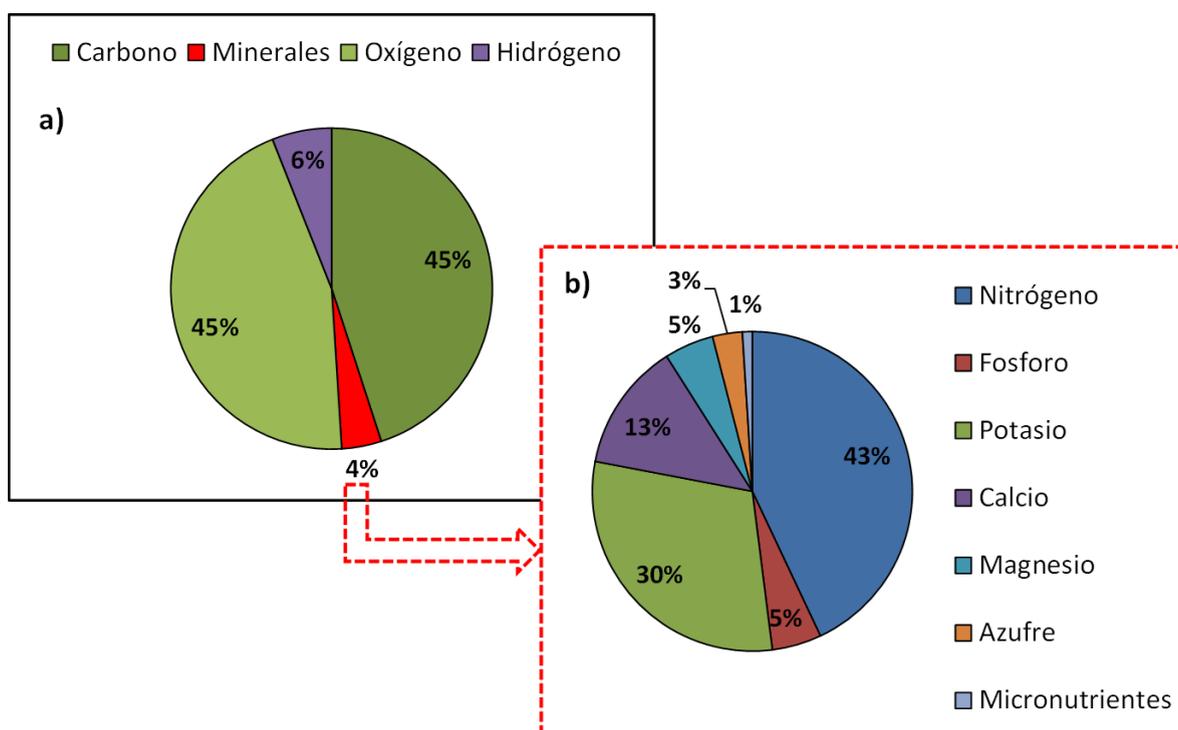


Figura 1. Composición vegetal en base al peso fresco y composición mineral en proporción relativa al peso seco. Tomado de la Cátedra de Fertilización en Cultivos de Granos y Forrajes.

El nitrógeno presenta diversos estados de oxidación, su mayor depósito se encuentra en forma gaseosa en la atmósfera, sus sales son altamente solubles y sólo es estable termodinámicamente en su forma molecular, u otras formas, pero bajo condiciones muy específicas. Tales características, entre otras, hacen que, a diferencia de lo que ocurre con otros nutrientes como el fósforo, hierro o cobre, el nitrógeno presente un ciclo biológico abierto, haciendo su manejo agronómico mucho más complejo y dependiente de múltiples interacciones (Movellán Mendoza, 2004) (Fig. 2). Como este nutriente se absorbe principalmente por raíz, la nutrición del suelo resulta de vital importancia para un correcto desarrollo vegetal ya que su déficit tiene inmediatas consecuencias en la cantidad y calidad en los cultivos de cosecha (Marschner, 1986).

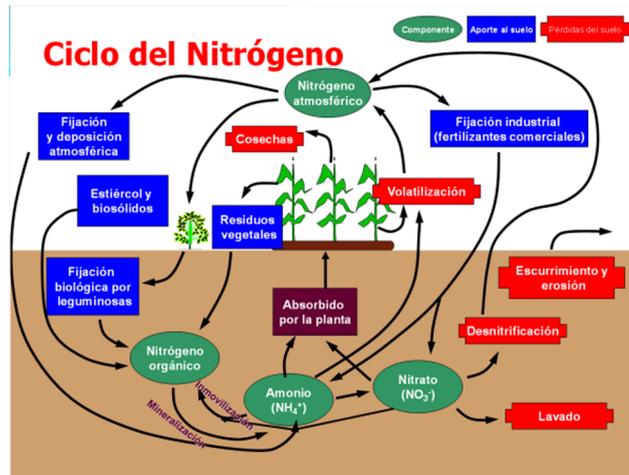


Figura 2. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno. Adaptado de IPNI.

Fertilización nitrogenada y urea en el mundo y en Argentina

La fertilización nitrogenada con productos de síntesis industrial es la más difundida e importante en el mundo por su practicidad siendo la urea granulada el principal fertilizante de este tipo (Ministerio de Economía y Producción, 2003). El consumo mundial de fertilizantes expresado en nutrientes ($\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$) en el año 2020 fue de 201.834.000 toneladas, correspondiendo el 55% a N (Fig. 3). Por su parte, la urea aportó cerca de la mitad de este nutriente, representando más del 25% de la fertilización mundial de ese año (Fig. 4) (IFASTAT, 2023).

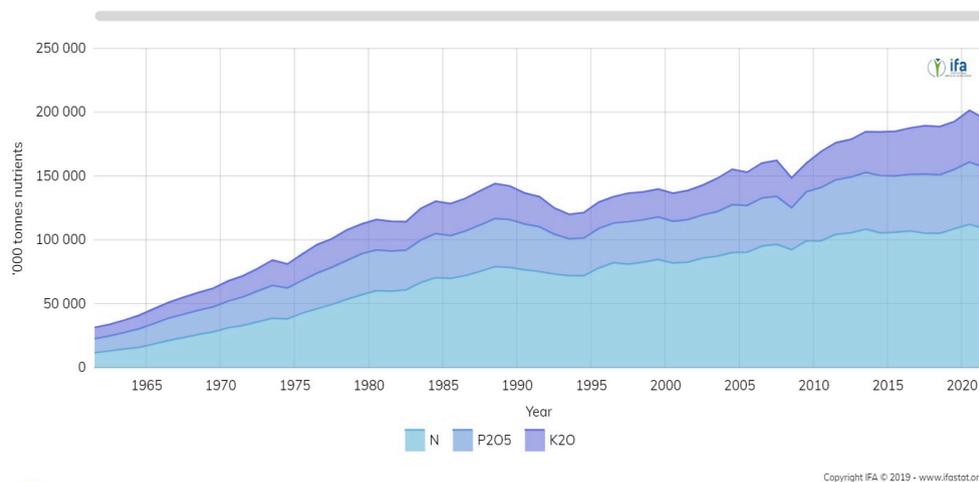


Figura 3. Consumo mundial de fertilizantes año 2020. Tomado de IFASTAT.

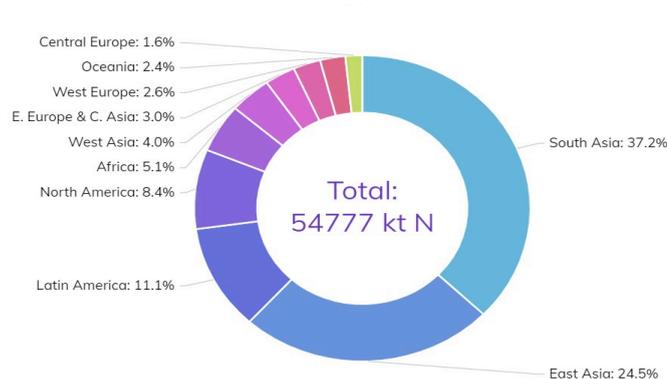


Figura 4. Consumo mundial de urea (N) año 2020. Tomado de IFASTAT.

En Argentina, el cambio de sistema de producción mixto agrícola-ganadero predominante hasta la década de los ochenta hacia uno de agricultura continúa y permanente, desencadenó el descenso de la fertilidad natural de los suelos, surgiendo así la necesidad de fertilizar artificialmente con nutrientes químicos. Para el año 2003, más del 80% de la fertilización nitrogenada en nuestro país se utilizó en cultivos de cereales de cosecha fina, gruesa y pasturas anuales en base a gramíneas (Tabla 1), todos éstos predominantes en la Región Pampeana (Tabla 2) (Ministerio de Economía y Producción, 2003).

Tabla 1. Consumo de fertilizantes por nutriente por categoría de cultivo para el año 2003. Adaptado de MEyP.

Cultivo	Área (000 ha)	Consumo de Fertilizantes por Nutrientes (T)					
		N		P ₂ O ₅	K ₂ O	Tot	%
Cereales y oleaginosas	26.688	405.615	77%	283.532	1.949	691.096	76
Pasturas y verdeos	14.233	56.996	11%	57.590	129	114.715	13
Cultivos regionales	1.653	66.841	13%	18.523	22.058	107.422	12
Total	42.573	529.452	100%	359.645	24.136	913.233	100

Tabla 2. Consumo de fertilizantes nitrogenados para los principales cultivos, campaña 2003-04. Adaptado de MEyP.

	Trigo			Maíz			Consumo Total	
	Sup. sembrada (000 ha)	Sup. fertilizada	Consumo FN en T	Sup. sembrada (000 ha)	Sup. fertilizada	Consumo FN en T	FN en T	%
Región Pampeana	5.150	52,0%	241.016	2.132	83,7%	178.523	419.540	88
País	6.040	46,5%	252.659	2.988	75,0%	224.130	476.789	100

En 2020, el consumo de fertilizantes local respecto al año 2003 pasó de cerca de 1 millón de toneladas a 5,3, de los cuales poco más de la mitad correspondieron a

nitrogenados (55,5%) y cerca de un tercio a urea granulada (38,7%). Por lo tanto, ésta última representó aproximadamente un 70% del total de fertilizantes nitrogenados aplicados en el país ese año (Fig. 5) (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021).

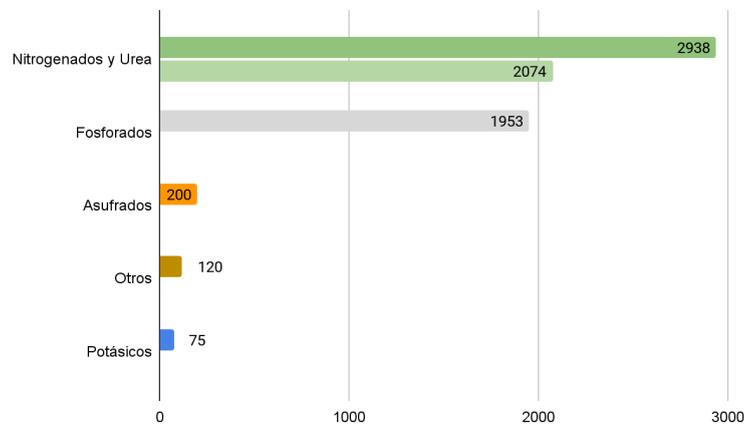


Figura 5. Mercado argentino de fertilizantes por grupo de fertilizantes (000 T), 2020. Adaptado de BCR.

Empresa Profertil S.A.

Con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de nitrógeno como fertilizante de cultivos, en el año 1996 se fundó PROFERTIL S.A. La empresa es una sociedad en partes iguales entre la compañía argentina de hidrocarburos YPF S.A. y la canadiense de fertilizantes Nutrien Inc. Debido al importante consumo de la región pampeana, la gran disponibilidad y cercanía de yacimientos gasíferos (materia prima) y la infraestructura vial y ferroviaria existentes, como así también el puerto de aguas profundas más importante del país, fue que en el año 2001 se inauguró la única planta de producción de urea granulada del país en Ingeniero White, Provincia de Buenos Aires (Profertil, 2023).

Actualmente, la planta tiene una capacidad nominal productiva de 1.441.000 toneladas de urea granulada al año, con la que abastece cerca del 50% del mercado local. Por cuestiones de logística y estacionalidades, también exporta alrededor del 5% de su producción. La empresa también produce y comercializa 790.000 toneladas al año de amoníaco (compuesto intermedio en la elaboración de urea) utilizado en la industria como refrigerante e insumo en la fabricación de cosméticos, tinturas de cabello, desinfectantes, limpiadores de cocina, entre otros (Fix Scr, 2021).

Además de la planta de producción, que también es un centro de almacenaje, mezcla, embolsado y despacho de fertilizantes, Profertil cuenta con otras instalaciones como oficinas administrativas en Buenos Aires y otros centros logísticos ubicados en las localidades de General San Martín, San Nicolás, Necochea y Loma Paraguaya (Fig. 6).



Figura 6. Instalaciones de Profertil en el país. Tomado de Profertil S.A.

Elección de la empresa para la realización del trabajo final de carrera

Una Práctica Profesional Supervisada (PPS) es un conjunto de actividades planificadas para que un estudiante las desarrolle en un potencial ámbito laboral, aplicando y desarrollando aún más las competencias profesionales obtenidas durante la formación académica. Estas tareas deben ser supervisadas por al menos una autoridad competente y, en este caso, forma parte de los requisitos necesarios para la finalización de la carrera Ingeniería Agronómica de la UNS. Debido a mis preferencias por interiorizarme dentro de los rubros agroindustrial y comercial y los deseos de respetar mi vinculación con la ciudad de Bahía Blanca y la localidad de Ingeniero White, la empresa resulta una opción puntualmente inmejorable para la realización de este trabajo final de carrera.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo general de esta PPS fue acercar al estudiante próximo a graduarse a tareas propias del ejercicio de la profesión, insertándolo en el contexto laboral de industrias relacionadas con el agro; una temática afín a las preferencias y gustos del practicante.

Objetivos Formativos

- Integrar y utilizar los conocimientos aprendidos durante la formación universitaria.
- Generar aptitudes y actitudes de desempeño profesional a través de las experiencias del trabajo diario, así como también de evaluaciones y juicios de valor conducentes a la toma de decisiones.
- Expresar de modo explícito y con claridad las premisas que guían un programa técnico.
- Afianzar el uso de herramientas de búsqueda de información, redacción de informes técnicos, manejo de datos y gráficos, técnicas de exposición oral, etc.

Objetivos Específicos

- Participar de las actividades realizadas a diario por el equipo del área Comercial y Marketing de Profertil S.A.
- Combinar visitas a trabajos de experimentación agraria con búsqueda de información afín.
- Adquirir, a través del docente tutor y consejeros, del instructor de la práctica y demás trabajadores experimentados del sector, criterios de observación y juicio de situaciones específicas, como también, relacionarse con sus inquietudes y modalidades de trabajo.
- Diagramar la organización del espacio, el horario y el trabajo.
- Puntualizar el rol del ingeniero agrónomo como profesional dentro del área Comercial y Marketing de la empresa.
- Realizar un análisis crítico de la capacitación recibida durante la carrera, aplicable a esta PPS.

Experiencia adquirida

Modalidad de trabajo

Esta PPS se instrumentó como entrenamiento profesional sobre las actividades que desarrolla un ingeniero agrónomo en el área Comercial y Marketing de la empresa Profertil S.A., en la planta de Ingeniero White (Bahía Blanca). La jefa del departamento de I+D, Ing. Agr. Mirta Toribio, fue la profesional responsable de la guía en dichas actividades. El entrenamiento se desarrolló desde mayo hasta agosto de 2019.

Las actividades programadas incluyeron la participación del estudiante en tareas de:

1. Mapeo y digitalización de ensayos de investigación y desarrollo (I+D). Carga de información de ensayos en el *back end* de la página web Profertil.
2. Búsqueda bibliográfica e información sobre nuevos principios activos que mejoran la eficiencia de uso del nitrógeno e impacto ambiental.
3. Ordenar información de ensayos de densidad de siembra con diferentes niveles de fertilidad nitrogenada, para la elaboración de un boletín técnico.
4. Desarrollar textos técnicos atractivos que estimulen el tráfico hacia la biblioteca técnica de página web Profertil.
5. Participar de recorridas de ensayos experimentales, eventos extensivos y distribuidores mayoristas de la región.

Tareas realizadas

Mi arribo a la empresa se produjo el 12 de mayo de 2019. Allí me recibió la Ing. Agr. Mirta Toribio y fui presentado al resto del personal, incorporándome a las actividades diarias. La jornada laboral comenzaba a las 8 de la mañana, previa recogida por una combi que recolectaba varios trabajadores de la empresa en su recorrido. Una vez llegado a las oficinas, realizaba las tareas delegadas por la jefa del sector hasta las 12 horas, horario de almuerzo. Por último, el servicio de transporte nos dejaba a cada pasante o practicante de distintas áreas en sus respectivas casas.

El trabajo consistió de cuatro horas diarias, todos los días hábiles desde mi llegada hasta 23 de agosto de 2019, momento en el que se cumplieron 300 horas de trabajo. Para las actividades diarias, se disponía de un box de trabajo con computadora de escritorio dentro del sector donde se desarrollan las tareas cotidianas del área Comercial y Marketing de la empresa.



Foto 1. Sector de ingreso a la planta de Profertil en Ing. White.

1. Mapeo y digitalización de ensayos de investigación y desarrollo (I+D). Carga de información de ensayos en el *back end* de la página web Profertil.

El área de I+D de la empresa se encarga de desarrollar actividades referidas a la búsqueda, investigación, capacitación y difusión de contenido técnico y, en pos de estos objetivos, contrata investigadores privados que trabajan conjuntamente con ellos para la realización de distintos ensayos de interés comercial. Además de los beneficios de la tercerización, esta modalidad aporta imparcialidad a los resultados obtenidos, mejorando la credibilidad al momento de la exposición de los mismos. El sector de la empresa mencionado se encarga de la coordinación de tareas, objetivos y recopilación de resultados para la elaboración de informes útiles para la empresa.

Bajo esta modalidad se lograron obtener, a través de los años, resultados de ensayos realizados en diferentes localidades donde se comparan el rendimiento obtenido por cultivo con diferentes métodos de fertilización e insumos que aportan nitrógeno. Los informes técnicos correspondientes se encontraban ya digitalizados en archivos de la empresa, siendo mi tarea postularlos en la infraestructura detrás de la página web de Profertil (*back end*) con el objetivo de quedar fácilmente accesible a toda persona interesada.

Específicamente, mi labor consistió en la creación de un archivo por cada ensayo donde primeramente completaba datos de búsqueda (título, localidad, año, cultivo, producto estudiado), ubicándolos luego en un mapa digital. Posteriormente procedía a transcribir los datos técnicos de interés (valores de análisis de suelo, precipitaciones, métodos empleados, insumos utilizados, dosis aplicadas, resultados) y finalmente la conclusión obtenida. De esta manera, toda la información quedó publicada en la biblioteca virtual de la empresa bajo un formato único predeterminado de fácil búsqueda y entendimiento.

A modo de ejemplo, la pantalla preliminar de la red de ensayos de la página web de Profertil muestra un mapa vinculado a Google Maps, donde, al seleccionar el producto de interés (en este caso Proterra S) y el tipo de cultivo (maíz), geolocaliza todos los ensayos cargados bajo estas condiciones. Al seleccionar alguno de éstos, brinda una solapa que informa título (cultivo, localidad y año), fecha de siembra, tipo de cultivo y producto de estudio (Fig. 7).

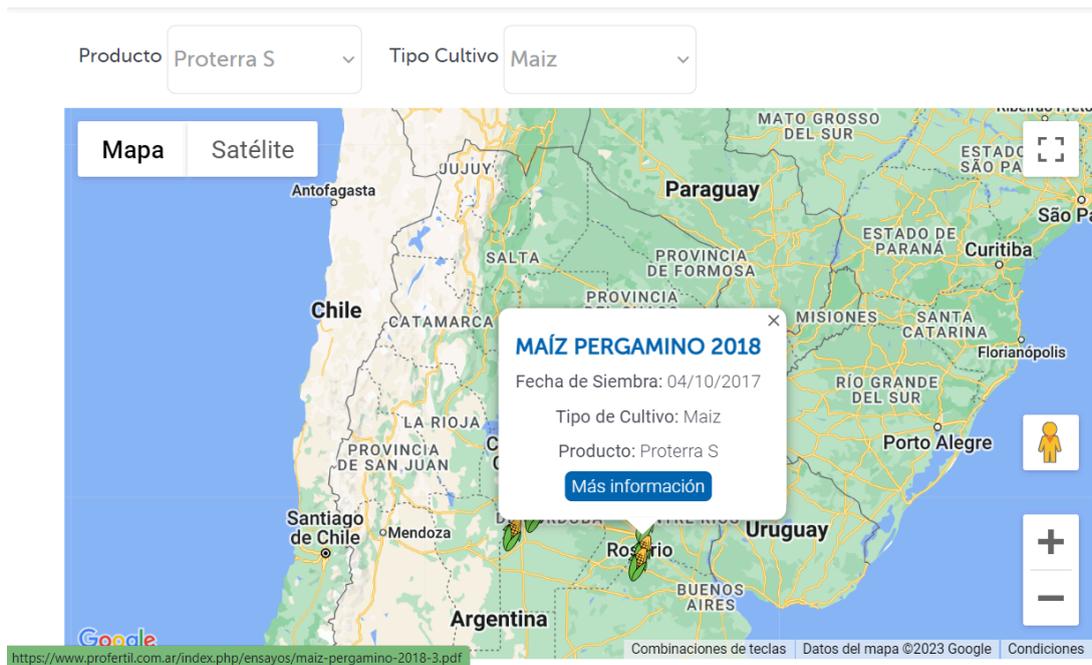


Figura 7. Ejemplo de búsqueda en el mapa preliminar de la Red de Ensayos. Tomado de Profertil S.A.

Al clickear la opción “Más información”, lleva a un informe más extendido (Fig. 8) donde resume y expone todos los datos necesarios para comprender y complementar los resultados y conclusiones obtenidos.

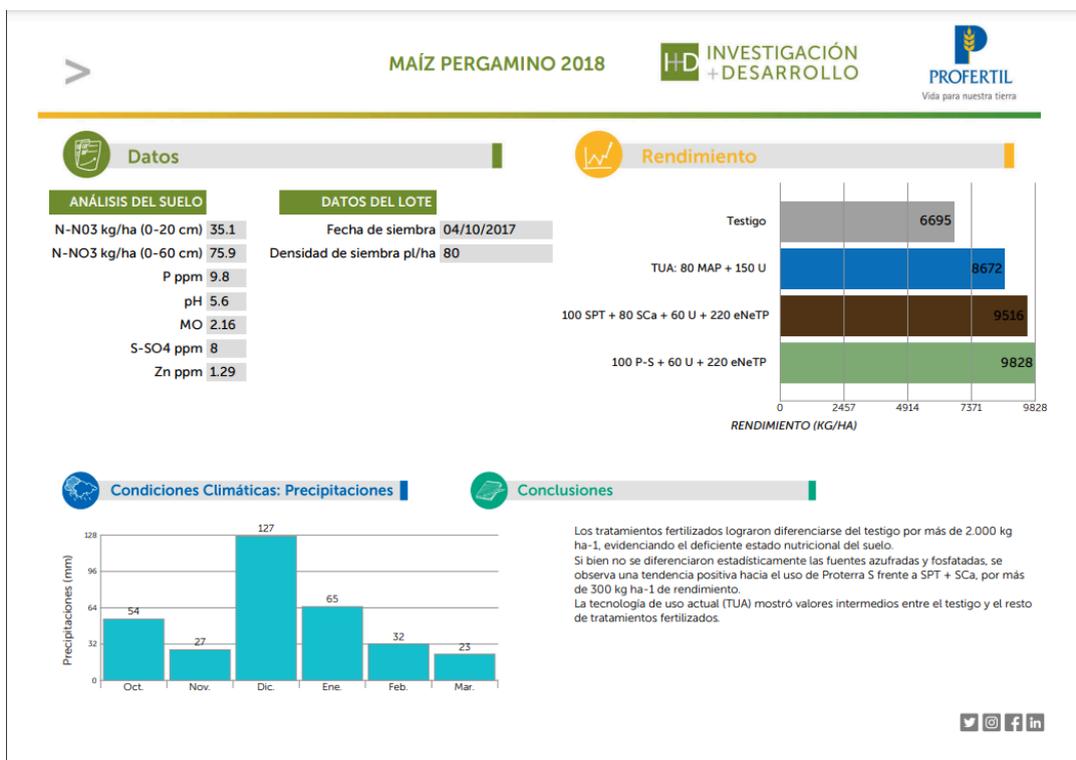


Figura 8. Ejemplo de un ensayo en particular de la Red de Ensayos. Tomado de Profertil S.A.

Conclusión de esta actividad

La tarea insumió gran parte de las primeras cuatro semanas de trabajo y resultó de mucha ayuda a los encargados del sector dada la enorme cantidad de información de interés almacenada que no podía ser consultada o expuesta de manera práctica, tanto para personal perteneciente a la empresa como para cualquier otra persona interesada.

En lo particular, fue una experiencia muy positiva dado que pude reconocirme capacitado para realizar tareas como trabajador inicial. A su vez, el hecho de tomar contacto con tantos datos agronómicos aumentó mis conocimientos acerca de los problemas habituales a la hora de recomendar una metodología, producto o dosis de fertilización. Por ejemplo, en el caso mencionado se evidenció una insuficiencia nutricional del suelo sin tratamiento para llevar a cabo un cultivo económica y ambientalmente viable. También, la deficiencia existente en la tecnología de uso actual de este caso, como en muchos otros cargados al sistema, permitió visualizar la tan extendida problemática del continuo, gradual y progresivo empobrecimiento de los suelos del país.

Por último, integrarme rápidamente con el equipo del área Comercial y Marketing aumentó en gran medida mi confianza para trabajar en conjunto con otras personas, dado que era una preocupación personal y escollo frecuente en otros ámbitos.

2. Búsqueda bibliográfica e información sobre nuevos principios activos que mejoran la eficiencia de uso del nitrógeno e impacto ambiental.

Como se vio anteriormente respecto al ciclo biogeoquímico del nitrógeno (Fig. 2), existen varias vías de entrada y salida al sistema productivo, en equilibrio con el ecosistema y medio ambiente en general. En particular, las plantas toman el N inorgánico como nitrato y amonio. Los nitratos ($-\text{NO}_3^-$) y nitritos ($-\text{NO}_2^-$), al ser aniones, no son retenidos por los coloides del suelo y pueden ser lixiviados después de un riego o lluvia generosos. Por su parte, el amonio ($-\text{NH}_4^+$), si bien es un catión, por lo tanto, es retenido por los coloides del suelo, se encuentra en equilibrio químico dinámico con el amoníaco, gas que se volatiliza a la atmósfera (Fig 9).

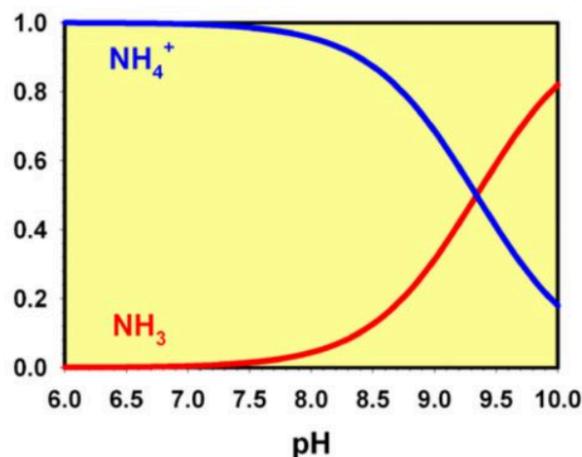


Figura 9. Equilibrio químico amonio - amoníaco. Tomado de Mateos (2020).

El rendimiento obtenido comparado a la cantidad de nutriente aplicado se denomina “eficiencia de uso” y, dada la gran cantidad de posibles vías de pérdidas que presenta este nutriente (Fig. 10), se utilizan diferentes métodos y compuestos que mejoran esta eficiencia. Respecto a los métodos, prácticas muy comunes son aquellas que permiten una incorporación al suelo como la fertilización nitrogenada previa a una lluvia o riego moderado o el uso de maquinaria adecuada que realice esta labor. Otra práctica muy usual es la división de la fertilización total en varias dosis, lo que evita picos de disponibilidad del nutriente en formas susceptibles a ser lavadas o volatilizadas y, a su vez, se ajusta mejor a la tasa de toma por parte del cultivo (Fig. 11).

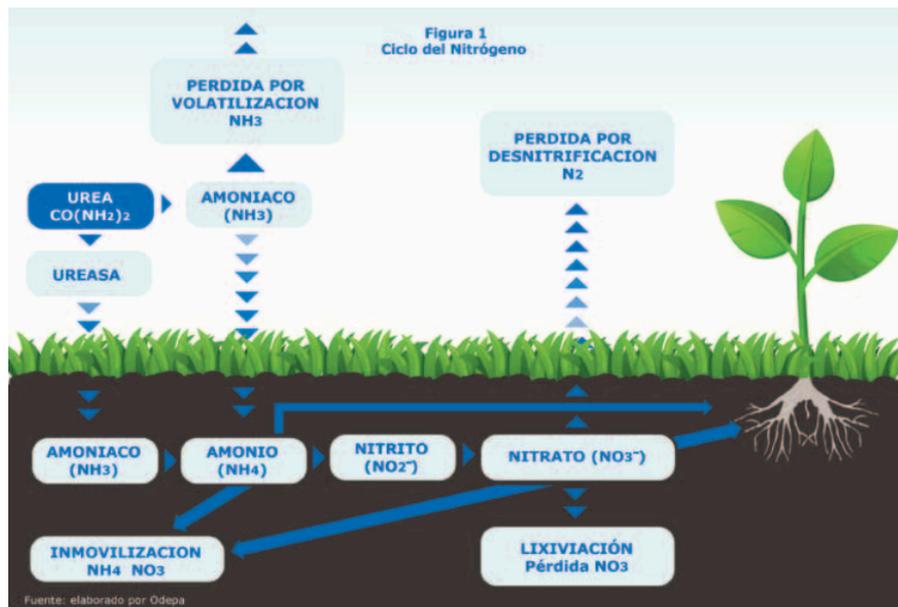


Figura 10. Ciclo del nitrógeno, esquematizando las posibles vías de pérdidas. Tomado de ODEPA.

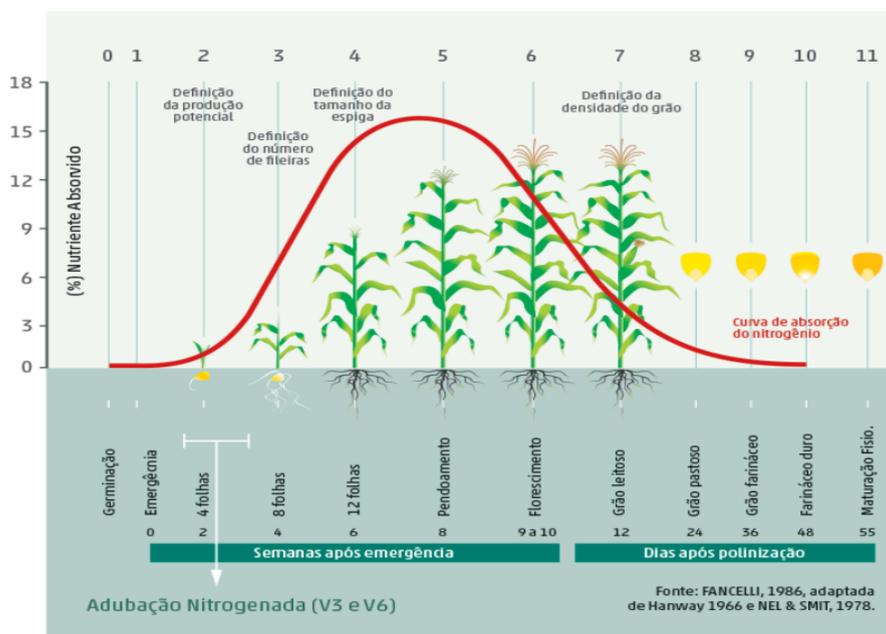


Figura 11. Tasa de toma de nitrógeno en maíz (*Zea mays* L.). Tomado de Forseed.

Por otro lado, existen algunos compuestos que estabilizan los fertilizantes sintéticos logrando que se liberen de forma lenta o controlada. Al momento de realizar esta práctica profesional, en el mercado se encontraban tres formas para estabilizar fertilizantes, basándose sus principios activos en la inhibición de enzimas presentes en los microorganismos del suelo, ralentizando el paso de compuestos nitrogenados complejos a formas asimilables por las plantas susceptibles a las posibles pérdidas ya mencionadas:

Inhibidores de la ureasa: al tomar contacto con la humedad y el suelo, la urea es hidrolizada por microorganismos mediante la enzima ureasa, quedando así en forma de amonio. Este compuesto se encuentra en equilibrio químico y dinámico con el gas amoníaco y tal equilibrio depende del pH: a mayor pH, mayor es su desplazamiento hacia el gas (Fig. 9). La reacción de hidrólisis de la urea genera un microambiente alcalino alrededor del gránulo que, si se combina con otras condiciones como alta temperatura y humedad, favorece enormemente las pérdidas por volatilización. Los inhibidores de la ureasa actúan sobre este primer paso enzimático retardando el paso de la forma ureica a la forma amoniacal y permitiendo una liberación más paulatina del nutriente evitando dichas pérdidas.

Inhibidores de la nitrificación: retrasan el primer paso del proceso de nitrificación en suelo (conversión de amonio a nitrito) bloqueando temporalmente la acción de la enzima monooxigenasa de amonio en las bacterias *Nitrosomonas* spp. (Fig. 12). El tiempo de inhibición depende principalmente de la temperatura: a mayor temperatura menor es el tiempo mencionado, aunque igualmente puede durar varias semanas. De esta manera, se demora la formación bioquímica de nitritos y nitratos, compuestos potencialmente susceptibles a ser lixiviados, especialmente en suelos arenosos con altos aportes de agua o bajo cultivos de raíces poco profundas (Profertil, 2020).

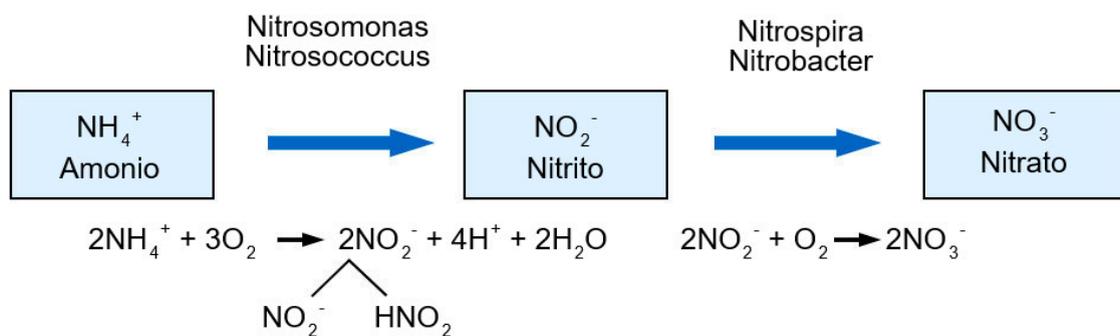


Figura 12. Ciclo del nitrógeno, esquematizando las posibles vías de pérdidas. Tomado de ODEPA.

Liberación lenta: se trata de formulaciones que contienen un nutriente vegetal en forma tal que retrasan la disponibilidad del fertilizante para la planta después de su aplicación, o permite una liberación más controlada, paulatina y prolongada (Yamamoto et al., 2016). Estos materiales encapsulantes deben ser 100% naturales, biodegradables, de bajo costo y altamente disponibles, característica necesaria para evitar la contaminación del suelo y obtener un producto sin elevar en exceso su costo (Blomfeldt et al., 2011).

Además de las pérdidas económicas que genera una baja eficiencia de uso del nutriente, la mala utilización de los fertilizantes nitrogenados provoca un gravísimo impacto medioambiental. Por una parte, los nitratos y nitritos lixiviados comprenden una fuente muy importante de contaminación de los recursos hídricos de una cuenca hídrica. Por otra, el óxido nitroso (N₂O) que escapa del suelo en forma gaseosa aporta negativamente al efecto invernadero (Figs. 13 y 14); es un gas con un potencial de calentamiento aproximadamente 300 veces más potente que el dióxido de carbono (EPA, 2023).

Emisiones globales de gases invernadero por gas

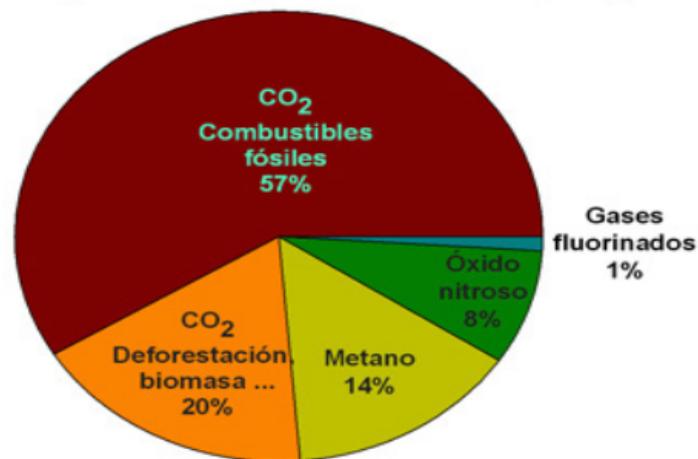


Figura 13. Gases productores de efecto invernadero. Tomado de CONOGASI.

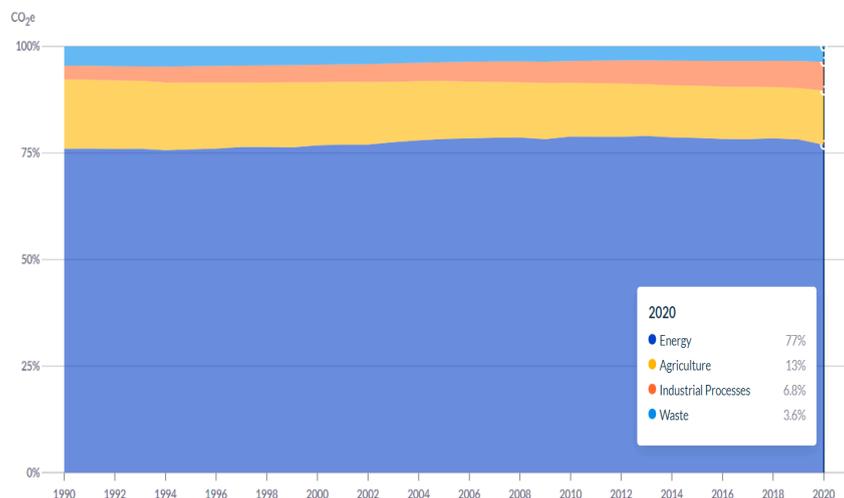


Figura 14. Emisión global de gases de efecto invernadero por sector económico. Tomado de ClimateWatch.

Dado que Profertil posee en mercado un producto de liberación lenta, eNeTotal Plus, y que la empresa tiene un marcado interés por reducir el impacto ambiental, mi tarea consistió en la búsqueda bibliográfica de información sobre compuestos nuevos o ya existentes que beneficien la eficiencia de uso del nitrógeno como, así también, la reducción de la contaminación.

El eNeTotal Plus es un producto relativamente nuevo de la empresa y consiste en urea tratada con dos inhibidores de la ureasa lo que permite que cuando se encuentran las condiciones predisponentes a la volatilización, se hayan encontrado resultados muy favorables. Por ejemplo, en maíz de primera en Rojas (alta humedad y temperatura), se logró mayor rinde con igual dosis de eNeTotal (producto predecesor al eNeTotal Plus) en el estadio V5-V6 respecto a la urea (Figs. 15 y 16).

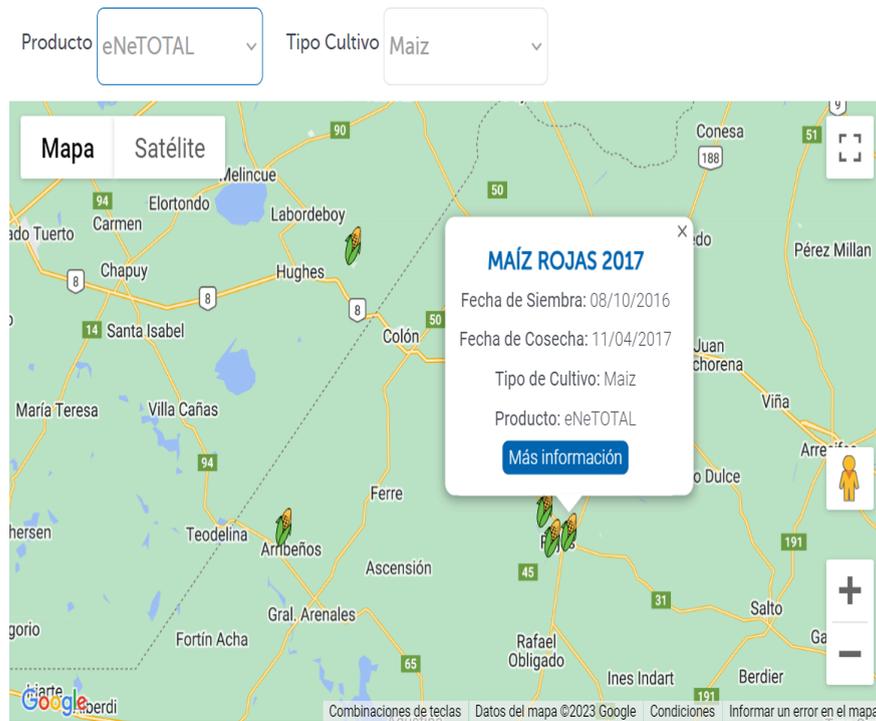


Figura 15. Búsqueda del ensayo en el mapa de la Red de Ensayos. Tomado de Profertil S.A.

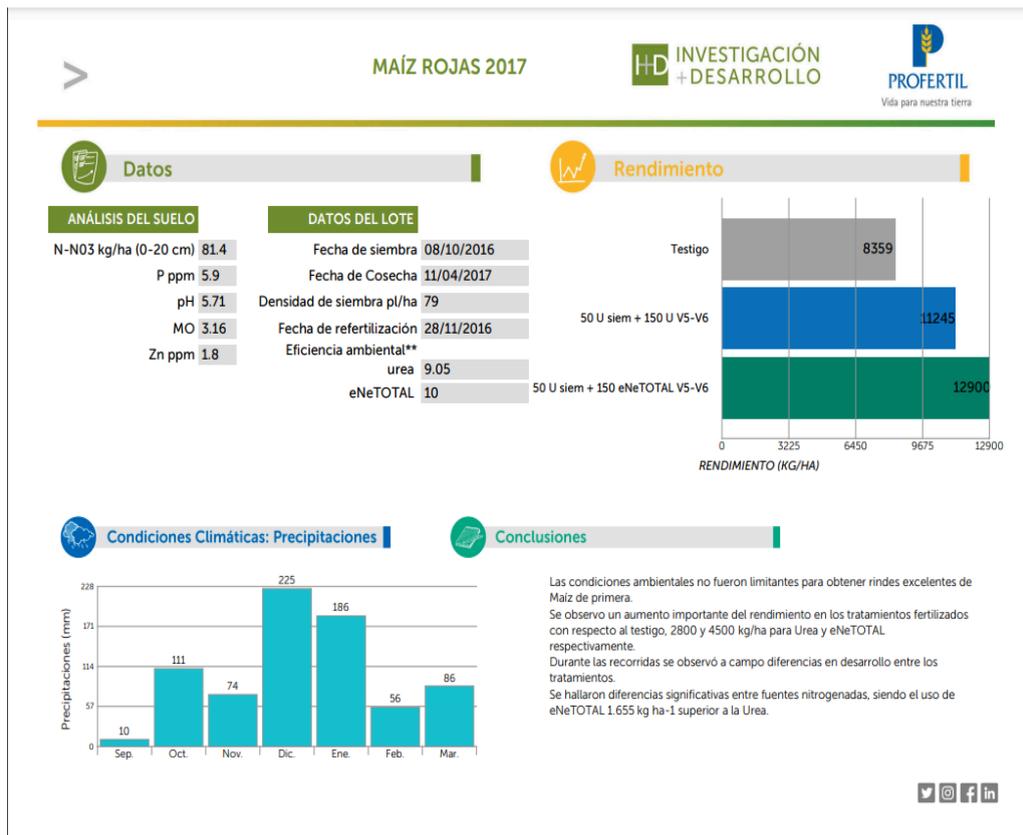


Figura 16. Ficha informativa del ensayo buscado. Tomado de Profertil S.A.

Conclusión de esta actividad

La tarea realizada me permitió tomar contacto con una faceta profesional de investigación acerca de materiales y métodos nuevos o ya existentes para aumentar la eficiencia en la producción. En este caso en particular, el uso de compuestos estabilizadores en fertilizantes y, sobretodo, el gran impacto del óxido nitroso como gas de efecto invernadero, hechos totalmente desconocidos para mí.

Por otro lado, resultó evidente el gran retraso del país respecto a países desarrollados en cuanto a la implementación de buenas prácticas agrícolas y correcta gestión de nutrientes sin un enfoque integral que incluya todos los actores de la producción de cultivos. Es por ello, que es importante incluir siempre el impacto ambiental generado por las actividades antrópicas en los informes y análisis técnicos.

En conclusión, la experiencia adquirida con esta labor fue ampliamente positiva tanto desde el punto de vista profesional como personal, saciando parte del espíritu curioso que me llevó a elegir esta carrera.

3. Ordenar información de ensayos de densidad de siembra con diferentes niveles de fertilidad nitrogenada para la elaboración de un boletín técnico.

Una de las actividades llevadas a cabo por el departamento de I+D del área comercial de Profertil es la elaboración de boletines técnicos. Dichos boletines tienen como objetivo exponer información técnica y resultados de ensayos realizados por la empresa referidos a algún tema en particular para cualquier persona interesada. En concordancia con dichos objetivos y al compromiso de la empresa por aumentar la eficiencia de uso de su producto y reducir su impacto ambiental, se propuso la búsqueda de trabajos científicos en internet que traten de la influencia individual y conjunta de la densidad de plantas de un cultivo y dosis de fertilización o nivel de nitrógeno, respecto al rendimiento final obtenido. Dada la amplia variedad y cantidad de ensayos de maíz realizados por la empresa a lo largo de más de 10 años y a la importancia de este cultivo para el país o como fuente de demanda de urea, se enfocó la tarea a este cereal en particular, acotando, también, el tan amplio espectro de búsqueda.

Si bien los ensayos encontrados fueron realizados en una gran variedad de años y locaciones, principalmente Estados Unidos y, además, la mayoría fueron enfocados a la búsqueda de parámetros o hallazgos que colaboren en el mejoramiento vegetal, se pudo recopilar información relevante para el objetivo en particular. La lectura resultante en conjunto con conocimiento previo obtenido durante la carrera permitió ver un mecanismo de compensación entre densidad de cultivo y rendimiento. A medida que se aumenta el número de plantas por unidad de superficie, el aporte de cada individuo adicional aumenta la capacidad potencial de producción hasta que el impacto negativo de la competencia interespecífica entre plantas supera o anula el correcto crecimiento y desarrollo vegetal (Fig. 17) (Ciampitti & Vyn, 2010).

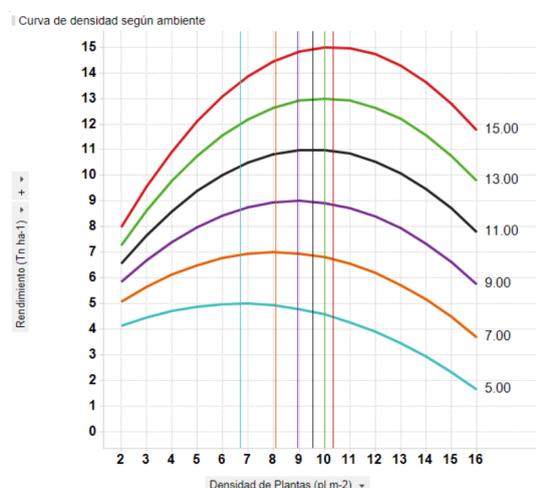


Figura 17. Curvas de rendimiento de cultivos según densidad de plantas y potencial del ambiente. Tomado de Dekalb.

Durante el último siglo, avances genéticos (híbridos, tolerancia a herbicidas, resistencia transgénica a determinados insectos u hongos), adopción de nuevas prácticas de manejo (sistemas de riego, manejo de nutrientes, análisis de suelo, labranza conservacionista, fecha de siembra, manejo integrado de plagas) y el mayor entendimiento de los factores ambientales (radiación, temperatura) explican que, por ejemplo en Estados Unidos, el promedio de rendimiento haya pasado de 4 t ha⁻¹ en 1960 a 9 t ha⁻¹ en 2011 (CAST, 2006; USDA, 2012). Estos factores no actúan de manera individual, sino que interaccionan conjuntamente resaltando la complejidad del tema (Messina et al., 2009).

Considerando el efecto de la densidad de cultivo en particular, el aumento del número de individuos sembrados de manera uniforme aumenta la eficiencia de uso de nutrientes, agua y radiación solar (Bullock et al., 1988; Hodges & Evans, 1990; Nafziger, 1996; Krall et al., 1997); sin embargo, intensifica el efecto negativo resultante de un estrés biótico o abiótico. Un estudio realizado sombreando cultivos de maíz a diferentes densidades demostró que el rendimiento en ambientes luminosos era superior y aumentaba de manera parabólica a mayor número de individuos. A su vez, la disminución en la producción de grano en los cultivos sombreados pasó del 23% al 66% cuando se compararon la menor y la mayor densidad de plantas respectivamente (Hashemi-Dezfouli & Herbert, 1992).

Si bien el nitrógeno es tan sólo uno de los muchos factores a tener en cuenta en pos de un correcto crecimiento y desarrollo vegetal, suele ser uno de los primeros y más importantes limitadores del rendimiento de los cultivos de los últimos tiempos (Fageria & Baligar, 2005). Cuando se investiga acerca de la eficiencia de uso de este nutriente (EUN), no sólo se topa uno nuevamente ante una multiplicidad de causas que la afectan, sino que, también, cabe tener en cuenta que lograr la máxima EUN no está necesariamente emparejada con la obtención de máximos rendimientos (Fig. 18). Esto sugiere que si bien su mayor entendimiento pueda resultar ampliamente beneficioso, en última instancia habría que considerar las perspectivas económicas, agronómicas y ambientales en su conjunto (Ciampitti & Vyn, 2010).

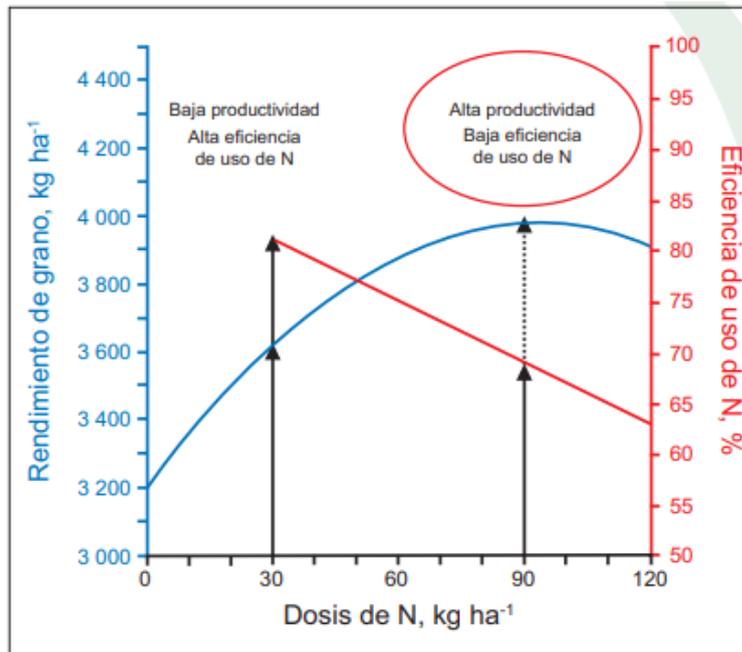


Figura 18. Respuesta en trigo al rendimiento en función de la EUN. Tomado de Boaretto, et al. (2007).

Debido a que la EUN engloba tanto procesos edáficos como vegetales, resulta conveniente dividirla en sus dos componentes: la eficiencia de recuperación (NRE, Nitrogen Recovery Efficiency), asociada a la capacidad de la planta para tomar el N del suelo y la eficiencia fisiológica (NIE, Nitrogen Internal Efficiency), relacionada a la utilización o conversión del nutriente tomado en grano (Salvagiotti et al., 2009).

$$EUN = \frac{NIE}{NRE} \times NRE$$

respuesta kg grano / Δ kg ha⁻¹ N_r aplicado = respuesta kg grano / Δ kg N absorbido ha⁻¹ x Δ kg N absorbido ha⁻¹ / kg ha⁻¹ N_r aplicado

Un estudio realizado en maíz bajo diferentes densidades de planta y dosis de fertilización nitrogenada sugirió que tanto la toma del nutriente en estado vegetativo como reproductivo resultaba beneficiosa bajo diversos escenarios. Cuando se persiguen altos rendimientos, la producción de grano está comparativamente más relacionada a una gran toma del nutriente en etapas reproductivas tempranas y una posterior translocación desde las partes vegetativas (caña y hojas). En cambio, cuando las condiciones ambientales durante el desarrollo de la mazorca o el llenado de grano no son favorables o el suelo no llega a suplir la tasa de demanda de N en estados reproductivos, dicha translocación y, en consecuencia, el nivel de nutrición en estados vegetativos resulta fundamental durante todo el proceso (Ciampitti et al., 2013).

Si bien la tasa de toma de este nutriente (NUR, Nitrogen Uptake Rate) está relacionada al tamaño y nivel de actividad de las raíces (Uribelarra et al., 2007), ésta se comporta de manera diferente cuando se comparan tratamientos fertilizados (112-224 kg N ha⁻¹) y no fertilizados. En el primer caso, la NUR se encontró relacionada a la acumulación

de biomasa aérea (diámetro de caña e índice de área foliar) y a la tasa de crecimiento del cultivo en etapas vegetativas y, en especial, durante el período crítico de floración, donde, a partir de allí, el crecimiento de la espiga ejerce una gran influencia. De esta manera, bajo condiciones favorables, la NUR y, en consecuencia, la NRE, se encuentra influenciada y gobernada principalmente por la fuerza de demanda del cultivo. Por otro lado, bajo escenarios no fertilizados, la NUR no se encontró relacionada a la tasa de crecimiento del cultivo (por ejemplo al aumento del índice de área foliar) sino que, como se mencionó anteriormente, estuvo posiblemente afectada por otros factores como el tamaño y nivel de actividad de las raíces. Así, en el experimento mencionado, la NUR varió desde ~ 0.18 - 0.53 kg N absorbido / kg⁻¹ N aplicado (Ciampitti & Vyn, 2011).

Por su parte, la eficiencia fisiológica respecto a N varió considerablemente bajo diferentes condiciones ambientales y prácticas de manejo (~ 12,8 - 56,4 kg grano / kg⁻¹ N tomado) y, si bien el porcentaje de N en grano y el índice de cosecha presentaron cambios en respuesta a las distintas densidades de plantas y dosis de fertilización, los cambios en la NIE estuvieron más relacionadas al peso de grano (Kw, Kernel weight) y, principalmente, al número de grano por hectárea (Kn, Kernel number) (Ciampitti & Vyn, 2011). Cuando se evaluó el efecto combinado de ambos tratamientos sobre este último componente (Kn), se encontró que situaciones muy estresantes para el cultivo produjeron una drástica falla de granos, sin afectar su número potencial por hectárea (>50% para altas densidades de planta y sin N agregado). Dicho suceso pudo ser explicado, en cierta medida, por cambios en la dinámica de la floración (retraso en la fecha de floración, intervalo antesis-floración extendido o de mayor coeficiente de variación). Se planteó la hipótesis de que tal comportamiento es un resultado conjunto de interacciones complejas entre la dinámica de C y N durante la fase reproductiva del cultivo (Ciampitti et al. 2013).

Por último, las conclusiones de dicho estudio fueron muy adecuadas para el objetivo de búsqueda planteado al comienzo:

- El máximo rendimiento se obtuvo bajo una densidad media de plantas (79.000 plantas / ha⁻¹) y máximo nivel de fertilidad nitrogenada (224 kg N ha⁻¹).
- Los componentes de rendimiento, número y peso de grano, demostraron un mecanismo de compensación en respuesta al aumento en el número de individuos cultivados (a mayor densidad de plantas, mayor Kn y menor Kw).
- El índice de cosecha de materia seca y de N a madurez fisiológica fue aumentando a medida que aumentaba la fertilización y disminuía la densidad.

Conclusión de esta actividad

Previamente a la realización de esta PPS ya me había familiarizado con la investigación científica en el programa de becas CIN. La realización de esta tarea me permitió volver a tomar contacto con las herramientas necesarias para la búsqueda bibliográfica, así como con el idioma inglés, predominante a nivel mundial. La experiencia adquirida fue positiva tanto desde el punto de vista profesional como personal, ya que además de lo mencionado pude tomar contacto con lo interesante de la búsqueda de conocimiento de vanguardia sobre un tema en particular.

4. Desarrollar textos técnicos atractivos que estimulen el tráfico hacia la biblioteca técnica de página web Profertil.

El 25 de septiembre de 2015, en marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas (AG-ONU) de ese año, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible, conocida como Agenda 2030 (ONU, 2015), pretendiendo ser alcanzada en los 15 años siguientes. Dentro de esos objetivos, específicamente el número 2 (hambre cero) y 6 (agua limpia y saneamiento) involucran directamente a la industria mundial de fertilizantes, la cual, en pos de incrementar la producción de alimentos de forma económicamente viable y manteniendo la integridad ecológica de los sistemas alimentarios, propuso el concepto de los 4 Requisitos del Manejo Responsable de Nutrientes (4R). El mismo trata, desde un enfoque integral, la aplicación de una fuente correcta de nutrientes en la dosis, el momento y el lugar correctos (Profertil, 2023).

Por su parte, mediante sus acciones de Investigación y Desarrollo, Profertil hace visible su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), promoviendo la generación y difusión de conocimiento local para la aplicación de los 4R en la nutrición de cada cultivo y sitio por parte del productor agropecuario. En la sección de agricultura sustentable que se encuentra dentro de la página web de la empresa, el departamento de I+D se encarga de promocionar lo referente al tema a través de cuatro pilares de trabajo: Red de Ensayos, Biblioteca Virtual, Agtech y Programas de Capacitación. Siendo los primeros dos pilares ya descritos anteriormente en este mismo trabajo, se procede a introducir y explicar Agtech y Programas de Capacitación:

Agtech es un concepto que abarca una amplia gama de nuevas tecnologías aplicadas al agro, entre las que se pueden citar, por ejemplo, implementos para la agricultura de precisión, banderilleros satelitales, la inteligencia artificial o la biotecnología. También se incluyen aplicaciones o sitios para pronósticos climáticos o de mercados online, todas ellas desarrolladas en pos de mejorar el proceso productivo, disminuir el impacto ambiental o facilitar la toma de decisiones. En particular, Profertil, junto a AACREA y FAUBA, presentaron Triguero y Maicero como dos herramientas que ayudan al productor en el proceso de toma de decisiones, brindando estimaciones de rendimiento que depende de complejas interacciones, combinando análisis de suelos, información topográfica, climatológica y genética, entre otros, cuyo resultado es una curva de respuesta a la fertilización nitrogenada.

En el canal de Youtube Profertil Agro están disponibles distintos tutoriales de ambos softwares. A modo de ejemplo, la Ing. Agr. Toribio elaboró el primer tutorial de Triguero 2.0 en el cual explica la información de trasfondo que hay detrás de cada opción a seleccionar y el resultado obtenido en un escenario específico. Para ello, inició un nuevo análisis y escenario y seleccionó un núcleo. Éste último se trata de una región de 70 km de radio con epicentro en una localidad que posee al menos 30 años de datos meteorológicos, en este caso Tandil (Fig. 19).



Figura 19. a) Pantalla principal de Triguero 2.0, b) Nuevo análisis, c) Nuevo escenario y d) Selección de núcleo. Tomado de Profertil Agro Youtube.

Posterior a ello, eligió una serie, es decir un tipo de suelo en particular respecto a la toposecuencia que se encuentra descrita por el mapa de suelos del país elaborado por INTA y especificó los campos cultivar (tipo de ciclo y potencial), condición de humedad (referida a la capacidad de campo del suelo elegido) y modificadores (control o presencia de enfermedades foliares y fertilización o condición de fósforo y azufre) (Fig. 20).

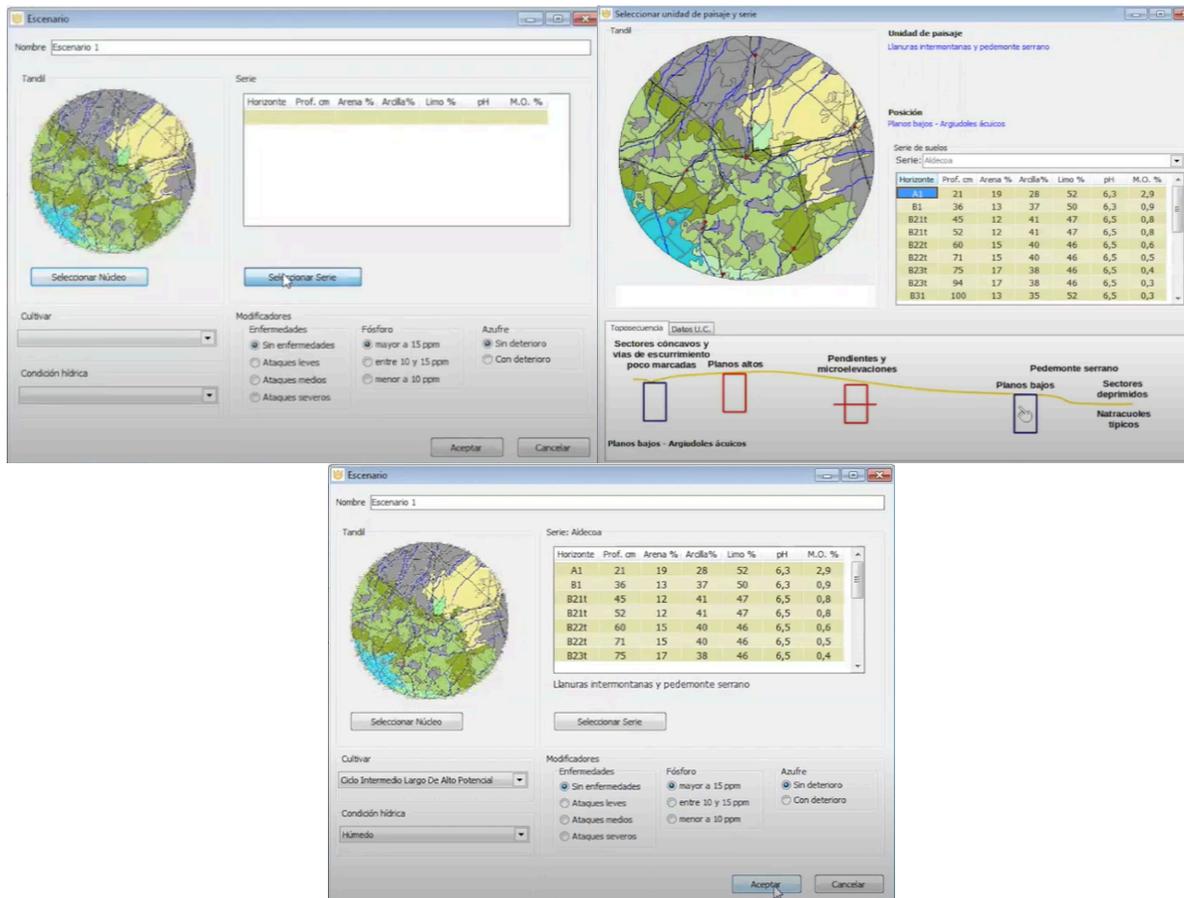


Figura 20. a) Escenario con núcleo, b) Selección de serie y c) Escenario con serie. Tomado de Profertil Agro Youtube.

Por último, se llegó a la instancia de los gráficos económicos deseados, curva de rendimiento de trigo en función del N disponible y óptimo económico para la fertilización. En esta instancia se pueden expandir o precisar la información graficada, en este caso se pidió al software que evalúe también condiciones distintas al promedio (años húmedos o secos), se introdujo el tipo de fertilizante a utilizar y se especificaron las variables precio de la urea y del trigo con un posible margen de variación (análisis de sensibilidad) (Fig. 21).

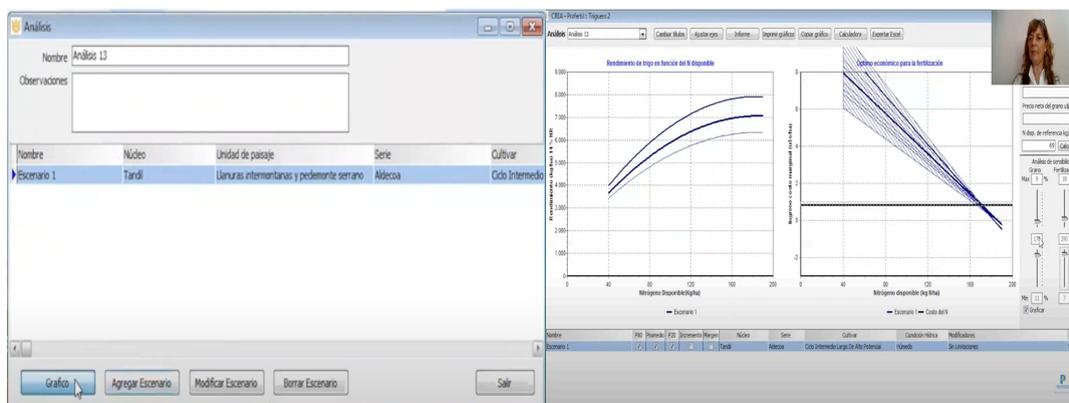


Figura 21. a) Análisis del escenario seleccionado y b) Gráficos del análisis. Tomado de Profertil Agro Youtube.

Por otra parte, los **Programas de Capacitación** tienen por objetivo brindar soporte permanente en la formación y, justamente, capacitación de productores y personas afines al rubro para la correcta utilización de los fertilizantes, productos de la empresa. Ejemplos de estos programas son:

Pro Suelo: se basa principalmente en el análisis de suelo como punto de partida para el diagnóstico de fertilidad y la determinación de las cantidades necesarias de cada nutriente para completar los requerimientos del cultivo (dosis correcta).

Modelos de Innovación y Tecnología (MIT): Son unidades experimentales de producción sobre distintos cultivos (trigo, maíz, caña de azúcar, etc.), para demostrar a campo los beneficios de adoptar las Mejores Prácticas de Manejo en la aplicación de fertilizantes. Consta también de jornadas en las que se caracteriza el suelo a través de “calicatas”, se consolidan, por ejemplo, conceptos como nutrición balanceada y se evalúan efectos de distintas fuentes, formas o momentos de aplicación de los fertilizantes respecto a la eficiencia de uso o impacto ambiental.

Miting: actividades de capacitación derivadas del concepto anterior (MIT) organizadas por el equipo técnico de la empresa, que, mediante distintas dinámicas de participación comparten experiencias e información de situaciones productivas locales con diferentes públicos de interés acerca de las mejores prácticas de manejo sobre nutrición de cultivos.

Bajo este contexto, el área de marketing, dentro del departamento Comercial, tiene como objetivo el acercamiento de los productos e ideas de la empresa a la gente. De esta manera, mi tarea consistió en colaborar en la elaboración de textos atractivos que estimulen el tráfico hacia los cuatro pilares descritos anteriormente, donde se reflejan los arduos esfuerzos y trabajos llevados a cabo por los distintos sectores de la empresa en pos del cumplimiento de sus objetivos.

En específico, mi tarea consistió en reuniones esporádicas con la jefa del sector, Silvia Soulino, donde intercambiábamos opiniones de manera creativa acerca de los posibles títulos de próximas jornadas o de la tratativa de nuevas temáticas en las mismas, elaboración de una opinión para postular en redes acerca de la posición de la empresa en algún debate público que esté vigente en ese momento, etc. Por ejemplo, tópicos abordados en ese momento fueron la observación en redes sociales de las diferentes opiniones públicas respecto a la empresa, perteneciente al sector petroquímico, frente a la contaminación del aire de la ciudad, del mar o del agua potable utilizada con fines industriales, del impacto ambiental por el uso de productos plásticos como bolsas o del

temor de la población por la explosión de unas instalaciones de la empresa Dow, muy cercana a Profertil.

Conclusión de esta actividad

Si bien mi participación en esta tarea fue relativamente menor respecto al resto, me permitió observar la gran división de opiniones existentes entre los actores vinculados a una empresa petroquímica y el resto de la sociedad. Por un lado, quienes no tienen ese vínculo cercano se centran en el impacto negativo medioambiental que genera esta industria y en el continuo temor a que ocurra algún gran siniestro. Por el otro, quienes trabajan directa o indirectamente en este entorno, ven el aspecto positivo; sobretodo, la generación de empleo o actividades de valor.

La participación en esta tarea permitió que genere una opinión personal y profesional respecto al tema: la búsqueda de ánimo de lucro es natural a toda empresa y su impacto ambiental resulta indudable. Sin embargo, a medida que fue transcurriendo mi estadía, para mi sorpresa, resultó evidente el compromiso de Profertil y sus trabajadores por reducir la contaminación, tanto *in situ*, por los procesos fabriles, como el derivado por el uso o transporte de sus productos. Tan sólo esta empresa genera 362 empleos de manera directa y aproximadamente 1500 de manera indirecta (Profertil, 2023), sin contar el impacto positivo en el consumo doméstico de la ciudad y resulta, de esta manera, poco intuitivo el distanciamiento existente mencionado. No obstante, la cercanía entre el polo industrial y los asentamientos urbanos y, además, la gran explosión sucedida el día 28 de junio de 2019 de una instalación de Dow y sucesos anteriores como los de la Junta de Granos ponen en tela de juicio la seriedad de este compromiso o la existencia de controles y mantenimiento por parte de las empresas e instituciones relevantes a tal fin.

Si bien aspectos como el de seguridad o medioambiente deberían ocupar naturalmente una posición de valor para las petroquímicas, sobretodo considerando que estamos transitando el siglo XXI, las dificultades del sector para conseguir sus objetivos económicos en un marco político-económico tan inestable como el que caracteriza nuestro país, hace que áreas como el de I+D, que en países desarrollados como Alemania ronda el 2,5% de su PIB, localmente apenas puedan conseguir la importancia que merecen (Visual Economik, 2023). Al momento de realizar esta PPS, la empresa estaba evaluando y elevando un proyecto de ampliación de su capacidad productiva a alrededor del doble de la actual, lo que le permitiría volver a ocupar el 80/90% del *market share*, perdido ante el avance de las importaciones. Sin embargo, esta decisión, que necesitaba inversión desde otras empresas, estaba sujeta al posible cambio del marco político que podía efectuarse

ante las elecciones ejecutivas de ese año. En adición a esta falta de compromiso hacia la estabilidad del país, también estaba en duda la concreción del gasoducto desde los yacimientos de Vaca Muerta y demás infraestructura necesaria para un correcto funcionamiento de la actividad industrial. Un ejemplo que materializa todo esto eran los continuos cortes de luz, lo que en un hogar resulta en una simple molestia, en la industria petroquímica implica la parada repentina de la planta, con numerosas roturas en las instalaciones y toneladas de productos en proceso desperdiciados, teniendo luego que quemarlos por las antorchas para volver a iniciar la actividad de la manera menos contaminante posible.

En una empresa única en su país y cuyo producto es un *commodity* indiscutiblemente necesario para la actividad de sus clientes, la actividad del área de marketing parecería innecesaria. Sin embargo, muy lejos de ello, en este caso los esfuerzos de este sector no se vinculan tanto a la promoción del producto en sí, sino más bien a la ardua tarea de romper las distancias mencionadas, la comunicación de los resultados logrados por I+D, sus jornadas y capacitaciones, nuevos productos o herramientas, o, por ejemplo, la promoción de algunas oportunidades como la de, ni más ni menos, esta propia experiencia.

5. Participación en recorridas de ensayos experimentales, eventos extensivos y distribuidores mayoristas de la región.

Dentro del departamento de I+D, la Ing. Agr. Mirta Toribio y el Ing. Agr. Federico Moriones realizan viajes o visitas frecuentemente a diferentes localidades con el fin de llevar a cabo capacitaciones, realizar trabajos investigativos a campo o coordinar objetivos y compartir resultados con los encargados de los ensayos realizados en conjunto con otras instituciones técnicas. Dentro de este contexto, se aprovecharon tres salidas programadas en coincidencia con mi estadía para acompañarlos y, así, nutrir la experiencia adquirida dentro de la práctica profesional desarrollada con situaciones distintas a las del trabajo de oficina.

Visita al INTA de Bordenave por ensayos de trigo 2018-2020.

La Estación Experimental INTA Bordenave mantiene desde 2016 una red de experimentos en su zona de influencia con el objetivo general de establecer niveles de fertilización nitrogenada adecuados a una producción triguera sustentable. Esta actividad busca determinar aquellas dosis de N que mejor respuesta presentan en diferentes campañas y estudiar la relación entre estas dosis e indicadores de fertilidad del suelo para mejorar las condiciones del diagnóstico. Dado que se trata de una labor con objetivos e intereses en común a Profertil, se estableció un convenio de financiamiento con el fin de compartir los resultados obtenidos.

Durante mi PPS realicé un viaje a la Estación Experimental en cuestión, acompañando a la Ing. Agr. Toribio, en la que coordinamos una charla con el Ing. Agr. Ph. D. Hugo Krüger, uno de los autores de esta red de ensayos. En esta charla, se compartieron los resultados y observaciones que se obtuvieron en la campaña de trigo pan efectuada el año anterior, 2018, a fin de tener en cuenta todos estos datos para posteriores capacitaciones o MITs de parte del departamento de I+D de Profertil.

Si bien las precipitaciones acumuladas en el mes de septiembre y en el período abril-octubre fueron los factores de mayor influencia sobre el rendimiento en las distintas localidades, se pudieron observar respuestas a los distintos niveles de balance de N. La magnitud del impacto de la fertilización nitrogenada fue dependiente de las variables edafoclimáticas; sin embargo, fue máxima cuando las condiciones fueron favorables y la fertilidad y capacidad de mineralización del suelo eran insuficientes para cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo.

En estos experimentos también se utilizó la medición del N anaeróbico (Nan) como herramienta de diagnóstico y cabe mencionar la presencia de efectos fitotóxicos por residualidad de herbicidas aplicados anteriormente en algunos ensayos, la ocurrencia de

eventos climáticos como granizo, días nublados en noviembre y diciembre, heladas tardías, entre otros, todas variables a tener en cuenta. También, se evaluó el efecto de una aplicación foliar en antesis sobre el rendimiento y calidad del grano, utilizando como herramienta diagnóstica el índice verde (IV) e índice de suficiencia de N (ISN) (Zilio et al., 2019).

Viaje a Coronel Pringles para realizar muestreo de suelo para posterior análisis de N anaeróbico (Nan) en campo demostración.

En la actualidad, la metodología más difundida para el diagnóstico de N en cultivos como trigo o maíz se basa principalmente en la determinación del contenido de N como nitratos (N-NO_3^-) en el suelo (0-60 cm) al momento de la siembra (Calviño et al., 2002; Barbieri et al., 2009). Para su empleo, se han propuesto distintos umbrales de disponibilidad del nutriente (suelo+fertilizante), los cuales varían según la zona, sistema de labranza y el rendimiento objetivo del cultivo (Barbieri et al., 2009). No obstante, este tipo de modelos simplificados no contemplan de forma directa el aporte de N por mineralización y, además, cambios en toda la región pampeana en las últimas décadas como la intensificación de la actividad agrícola, la reducción en el contenido de materia orgánica (MO) de los suelos, la implementación de sistemas de labranza conservacionistas como la siembra directa (SD), períodos de barbecho cortos, entre otros, modificaron esta capacidad de mineralización mencionada, inicialmente supuesta por estos modelos (Sainz Rozas et al., 2011; Studdert y Echeverría, 2000). En tales situaciones de manejo, la concentración de N-NO_3^- en el suelo a la siembra de los cultivos es generalmente baja y poco variable, lo que afectaría la precisión en diagnósticos basados únicamente en la medición de este parámetro, dado que no se producen las condiciones ni el tiempo necesario para que se exprese la capacidad de mineralización en cuestión.

De esta manera, para un mejor diagnóstico resulta evidente la necesidad de cuantificarla y, para ello, es necesario determinar primeramente el potencial de mineralización del suelo bajo estudio. En los últimos años, la determinación del contenido de N-NH_4^+ producido en incubación anaeróbica (Nan) de muestras superficiales de suelo (20 cm), se ha vuelto una metodología usual en dichos diagnósticos dado que correlaciona estrechamente con el N potencialmente mineralizable. En un trabajo realizado en maíz en distintas localidades de SE Bonaerense desde el 2006 al 2011, se mejoró el coeficiente de correlación de la curva de rendimiento testigo (sin fertilización) de 0.24 a 0.66 cuando se midió únicamente N-NO_3^- a la siembra o se le añadió la medición de Nan respectivamente (Tabla 3 y Fig. 22) (Reussi Calvo et al., 2013).

Tabla 3: modelos para estimar el rendimiento del testigo (RT), la extracción de N en grano y la respuesta a N, propiedades de suelo y precipitaciones (Pp) para el período de julio-diciembre, N anaeróbico (Nan) (mg kg^{-1} , 0-20 cm) y N-NO_3^- = disponibilidad de N en pre-siembra (kg ha^{-1} , 0-60 cm). Tomado de Reussi Calvo, et al. (2013).

Modelo		R ²
1) RT (kg ha^{-1})	= $3609 + 18.8 * \text{N-NO}_3^-$	0.24
2) RT (kg ha^{-1})	= $-1555 + 80.7 * \text{N-NO}_3^- - 0.38 * (\text{N-NO}_3^-)^2 + \text{Nan} * 47.4$	0.66
3) N en grano (kg ha^{-1})	= $57.8 + 0.17 * \text{N-NO}_3^-$	0.11
4) N en grano (kg ha^{-1})	= $19.1 + 0.13 * \text{N-NO}_3^- + 0.66 * \text{Nan}$	0.58
5) Respuesta a N (kg ha^{-1})	= $-625.7 + 7.2 * \text{Pp} - 31.4 * \text{Nan} + 0.28 * \text{RT}$	0.58

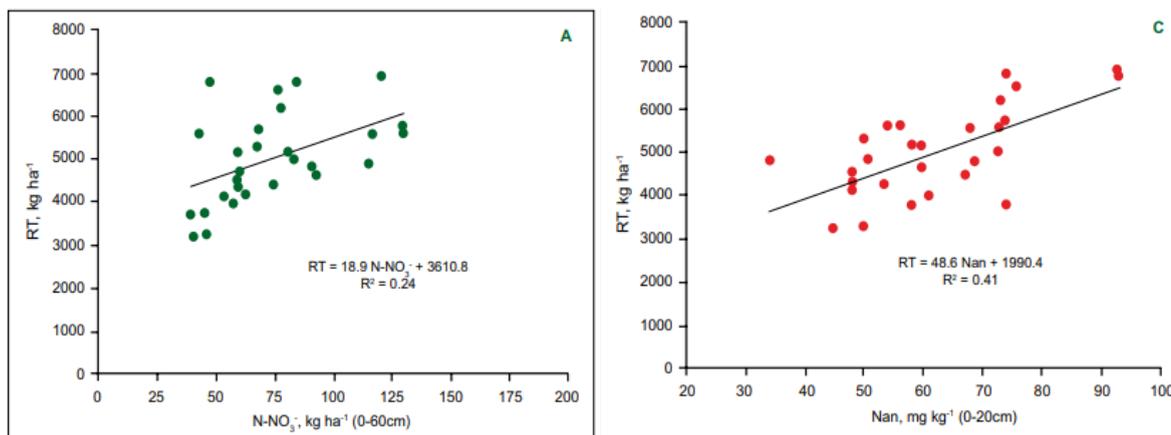


Figura 22. a) Relación entre el rendimiento del testigo (RT) y la disponibilidad de N-NO_3^- en pre-siembra y b) Concentración de Nan en suelo. Tomado de Reussi Calvo, et al. (2013).

Sin embargo, si bien el Nan parecería ser un indicador confiable y su medición tarda mucho menos que los análisis tradicionales que miden el potencial de mineralización del suelo de manera directa (15 a 30 semanas), igual presenta algunas dificultades. En primera medida, conviene diferenciar entre este potencial y la mineralización real o neta, que es la que efectivamente ocurre. Condiciones ambientales como la disponibilidad hídrica, temperatura, textura del suelo, sistema de cultivo, cultivo antecesor, entre otros, pueden no hacer extrapolable esta medición a todas las situaciones aparentemente similares, menos aún a sistemas bajo condiciones naturalmente diferentes (por ejemplo comparar SE con SO bonaerense) (Martínez et al., 2018). Lo dicho anteriormente sugiere que, si bien el Nan parece ser una mejor herramienta de diagnóstico comparada a las tradicionales, habría que saber interpretarla con criterio.

En este contexto, nuestro viaje consistió en la toma de muestras de suelo a 0-20 y 20-40 cm con barreno en un campo demostrativo de Cnel. Pringles, próximo a ser sembrado con trigo, con el objetivo de obtener datos locales de Nan y comparar el diagnóstico de dosis de fertilización utilizando este nuevo parámetro versus el tradicional, que sólo considera nitratos (Foto 2). Se procedió a tomar tres muestras compuestas por 3 submuestras en bolsas de nylon correctamente rotuladas, dado que el campo parecía tener

ambientes topográficamente distintos, y se colocaron estas bolsas en conservadora para posterior envío y análisis en laboratorio. Dicho recaudo se tomó ya que la mineralización es un proceso esencialmente biológico y puede alterar la medición de Nan, de ésta manera, las muestras se conservaron al resguardo de la aireación, el sol y la temperatura. Otro cuidado que se tuvo en cuenta fue la de evitar las variaciones micro espaciales muestreando siempre el surco entre líneas del cultivo de trigo anterior.



Foto 2. Extracción de muestra de suelo con barreno para futuro análisis de nitratos y Nan.

Visita a La Bragadense S.A. - Taller: interpretación de análisis de suelo.

La Bragadense es una empresa mayorista que nuclea parte de la demanda de insumos y asesoría por parte de los productores del partido de 25 de Mayo y colindantes y, como tal, forma parte de la Red de Distribución Comercial de Profertil. Debido al apoyo mutuo que suele existir entre las diferentes empresas del rubro, La Bragadense brindó sus instalaciones radicadas en la ciudad de Bragado para que se pueda llevar a cabo un taller de interpretación de análisis de suelo efectuado los Drs. Fernando García y Nahuel Reussi Calvo, dos referentes del tema fertilidad de suelo en Argentina. Al mismo estaban invitados todos los productores, asesores técnicos y demás personas interesadas, como así también

la participación colaborativa de allegados a la empresa local y el equipo perteneciente al departamento de I+D de Profertil (Federico Moriones, Mirta Toribio y quien suscribe).

El taller constó de una presentación de diapositivas de Power Point acerca de las pautas a considerar en el manejo de N y Fósforo, una ejercitación práctica y un trabajo de reflexión y debate como cierre. Si bien la base de las temáticas eran conceptos ya aprendidos en la carrera de agronomía, un elemento a destacar de la charla fue la formulación de diagnósticos de dosis de fertilización nitrogenada partiendo de la utilización de un balance nutricional tradicional y simplificado hasta llegar, paso a paso, a un modelo mucho más amplio y comprensivo que incluía la cantidad de nitratos a la siembra, una mineralización estimada a partir del Nan, efecto del cultivo antecesor y cantidad de nutriente requerido por el cultivo, considerando las eficiencias de toma y utilización, en miras al rendimiento objetivo.

Modelo tradicional: Dosis = N req según rendimiento - $N-NO_3^-$ inicial

Efecto cultivo antecesor: Dosis = N req según rto - $N-NO_3^-$ inicial +/- efecto c. a.

Efecto mineralización: Dosis = N req seg rto - $N-NO_3^-$ in +/- efecto c. a. - $N-NO_3^-$ según Nan

Otra temática muy interesante que todavía no había visto en la carrera fue lo referido a las consideraciones técnicas a tener en cuenta en el cálculo de dosis de fósforo por basarse en un método de muestreo y análisis indirecto, como es el P-Bray. El mismo se trata de una metodología de laboratorio que extrae y mide del suelo bajo estudio una cantidad de nutriente que en la mayoría de los casos, pero no en todos, correlaciona bastante bien con el realmente disponible para las plantas. De esta manera, se establece un valor umbral de P-Bray para cada cultivo que no es modificado por el rendimiento objetivo, ya que al tratarse de un nutriente poco móvil en suelo, depende del contacto suelo-raíz y supone, por lo tanto, cierta relación entre la biomasa aérea y radical. En todo caso, se hizo hincapié en la necesidad de, al menos, reponer los nutrientes extraídos, en el caso del fósforo en particular la posibilidad de “construir fertilidad” y de la importancia de los errores en el muestreo e interpretación de los análisis de suelo teniendo, como último, un cálido cierre con un almuerzo de parte de la empresa anfitriona que pudimos compartir de manera más distendida.

Conclusión de esta actividad

La experiencia resultó ampliamente positiva desde diversos puntos de vista hacia mi persona. Por un lado, salir del trabajo de oficina me resultó muy gratificante, recordando que fue uno de los grandes motivos por los que decidí cambiarme de carrera en su momento, desde Licenciatura en Economía a Ingeniería Agronómica, ya que el suponer un muy probable trabajo futuro continuo y permanente en una oficina o gran ciudad me resultaba de

profundo rechazo. Por otro lado, respecto a la última actividad que fue la más extensa y enriquecedora, tomar contacto con este tipo de charlas, desde referentes del tema hacia productores, hizo aumentar mi confianza en miras a un probable desenvolvimiento en futuras tareas de asesoría o administración rural en su amplio espectro. Esto se debe a que realmente comprendía la esencia de los problemas que acusaban los productores de aquella región y, a su vez, me resultaba fácil e intuitivo el camino a seguir en pos de resolverlos.

Por último, respecto a las otras dos actividades, compartir viajes con Mirta Toribio y Federico Moriones resultaron de experiencias muy amenas, recordando que más allá de lo técnico o la tarea a ejecutar en pos de los objetivos perseguidos, existe el factor humano y las relaciones sociales, acaso quizás, dos temáticas de las más importantes a fin de cuentas.

Consideraciones finales

La PPS que llevé a cabo en Profertil fue ampliamente positiva y superó con creces los objetivos planteados y previstos para la tarea. Primeramente, vale la pena concluir que pude integrarme rápida y cómodamente con las personas del entorno y, del mismo modo, realizar las tareas acordadas, propias de un ingeniero agrónomo inicial en una empresa claramente agroindustrial.

Respecto a la experiencia formativa que me brindó este proceso, destaco haber podido utilizar los conocimientos aprendidos durante la etapa universitaria como base de apoyo a la hora de ejecutar las labores y como guía en la toma de decisiones. Además, se me hizo evidente la integración de los contenidos adquiridos anteriormente, posibilitando así poder visualizarme como potencialmente apto en el desempeño de trabajos con un marco laboral similar.

Por otro lado, pude reconocer al ingeniero agrónomo como profesional idóneo en estos cargos, dado que la complejidad y amplitud de los temas abordados requiere una persona formada para tal fin. A lo largo de esta experiencia se me hizo posible observar claramente la profundidad a la que puede llegar la Agronomía en general y la influencia mutua existente con otras áreas o disciplinas como la economía y el medioambiente. El profesional en cuestión resulta de nexo favorable entre las cuestiones industriales de la empresa y las agronómicas de la utilización del producto fabricado.

Por último, la conclusión final y más importante bajo el punto de vista de quien escribe, tiene que ver respecto a un ejercicio de autocrítica y análisis del período académico universitario. Si bien la carrera cumplió con brindar los conocimientos necesarios para la formación básica de un ingeniero agrónomo, no sin sus bemoles, olvida en parte la esencia de que todo trata de un aspecto individual y colectivo-social, es decir, personas, siendo todo el resto de aspectos consecuencia natural y fruto del desarrollo de las mismas y no causa primera.

Bibliografía

- Barbieri, P. A., Echeverría, H. E. & Sainz Rozas, H. R. (2009). Dosis óptima económica de nitrógeno en trigo según momento de fertilización en el sudeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 27(1), 115-125.
- Blomfeldt, T. O., Kuktaite, R., Johansson, E., & Hedenqvist, M. S. (2011). Mechanical properties and network structure of wheat gluten foams. *Biomacromolecules*, 12(5), 1707-1715.
- Bullock, D. G., Nielsen, R. L., & Nyquist, W. E. (1988). A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, 28(2), 254-258.
- Calviño, P., Echeverría, H. E., & Redolatti, M. (2002). Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 20(1), 36-42.
- Calzada, J & D'Angelo, G. (2021). Fertilizantes: panorama y oportunidades para la Argentina. Bolsa de Comercio de Rosario. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/fertilizantes>
- Ciampitti, I. A. & Vyn, T. J. (2011). A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. *Field Crops Research*, 121(1), 2-18.
- Ciampitti, I. A., Murrell, S. T., Camberato, J. J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P., & Vyn, T. J. (2013). Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and nitrogen stress factors: II. Reproductive phase. *Crop Science*, 53(6), 2588-2602.
- Council for Agricultural Science and Technology (CAST). (2006). Convergence of Agriculture and Energy: I. Implications for Research and Policy. Tomado el 20 de enero de 2012. Disponible en: http://www.cast-science.org/publications/?convergence_of_agriculture_and_energy_i_implications_for_research_and_policy&show=product&productID=2925
- Environmental Protection Agency. Emisiones de óxido nitroso. Tomado el 10 de Septiembre de 2023. Disponible en <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso#:~:text=L>

[as%20mol%C3%A9culas%20de%20%C3%B3xido%20nitroso.kilogramo%20de%20di%C3%B3xido%20de%20carbono](#)

Fageria, N. K. & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97-185.

Fix Scr. (2021). Informe de calificación Profertil S.A. Disponible en:

<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2021/04/Calificacion-Profertil-SA-02-06-22.pdf>

Hashemi-Dezfouli, A. & Herbert, S. J. (1992). Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*, 84(4), 547-551.

Hodges, T. & Evans, D. W. (1990). Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in Maize. *J. Prod. Agric.* 3:190–195.

International Fertilizer Association. Databases and Charts, Consumption. Tomado el 10 de Septiembre de 2023. Disponible en <https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition>

Krall, J. M., Esechie, H. A., Raney, R. J., Clark, S., TenEyck, G., Lundquist, M. & Vanderlip, R. L. (1977). Influence of Within-row Variability in Plant Spacing on Corn Grain Yield 1. *Agronomy Journal*, 69(5), 797-799.

Marshner, H. (1986). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academy Press.

Martínez, J. M., Duval, M. E. & Galantini, J. A. (2018). ¿Es el nitrógeno anaeróbico un indicador preciso para calcular la mineralización en los suelos del sudoeste bonaerense?

Messina, C., Hammer, G., Dong, Z., Podlich, D., & Cooper, M. (2009). Modelling crop improvement in a G× E× M framework via gene-trait-phenotype relationships. *Crop physiology: applications for genetic improvement and agronomy*. Elsevier, Netherlands, 235-265.

Miller, A. J., & Cramer, M. D. (2005). Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and soil*, 274, 1-36.

Ministerio de Economía y Producción. (2003). Abastecimiento de urea para el sector agropecuario. Disponible en:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/dictamenfinal_urea_1.pdf

Movellán Mendoza, E. (2004). Modelado de la cuña salina y del flujo de nutrientes en el tramo estuarino del río Ebro. Universitat de Barcelona.

Nafziger, E.D. (1996). Effects of missing and two-plant hills on corn grain yield. J. Prod. Agric. 9:238–240.

Organización de Naciones Unidas. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Agenda 2030. Tomado el 20 de Septiembre de 2023. Disponible en:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Profertil. (2020). Fertilizantes estabilizados. EUN y cuidado del medio ambiente. Boletín técnico n° 29. Departamento de Investigación y Desarrollo.

Profertil. Empresa, Quiénes somos. Tomado el 10 de Septiembre de 2023. Disponible en
<https://www.profertil.com.ar/index.php/quienes-somos>

Profertil. Recursos humanos. Tomado el 20 de Septiembre de 2023. Disponible en:
<https://www.profertil.com.ar/index.php/recursos-humanos>

Profertil. Sustentabilidad. Tomado el 20 de Septiembre de 2023. Disponible en:
<https://www.profertil.com.ar/index.php/sustentabilidad>

Profertil Agro. (2021). Tutorial triguero. Youtube. Tomado el 20 de Septiembre de 2023. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=QKzkQKGm4f0&list=PLHvkNiKMIP2EuNwW6ANj996gj1CENzzAt&index=1&ab_channel=ProfertilAgro

Reussi Calvo, N. I., Sainz Rozas, H. R., Echeverria, H. E., Berardo, A. & Diovisalvi, N. V. (2013). ¿El Nan mejora el diagnóstico de nitrógeno en trigo?

Sainz Rozas, H. R., Echeverria, H. E. & Angelini, H. P. (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina. Ciencia del suelo, 29(1), 29-37.

Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Miralles, D. J., & Pedrol, H. M. (2009). Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research, 113(2), 170-177.

Studdert, G. A. & Echeverria, H. E. (2000). Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Science Society of America Journal, 64(4), 1496-1503.

Uribelarrea, M., et al. (2007). Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research, 100(1), 82-90.

USDA. (2012). Quick stats. USDA, National Agricultural Statistical Service, Washington, DC.

Tomado el 17 de enero de 2012. Disponible en:

http://quickstats.nass.usda.gov/results/B27F93A5-9648-3ECF-A23EA870AFA3AF60?pivot=s_hort_desc

Visual Economik. (2023). Estas 4 RAZONES convirtieron ALEMANIA en la MAYOR POTENCIA Europea. Youtube. Tomado el 20 de Septiembre de 2023. Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=xvxEzxnXUi8&ab_channel=VisualEconomik

Zilio, J., Frolla, F. & Krüger, H. (2019). Red de fertilización nitrogenada en trigo. Resultados campaña 2018. INTA, E.E.A. Bordenave - Profertil S.A.