



Foto: Irvin Rodríguez

EXPERIMENTO DE LARGO PLAZO HORTÍCOLA: aprendizajes y nuevos desafíos

Ing. Agr. MSc. Fabiana Hernández-Mazzini^{1,3},
Ing. Agr. Dr. Matías González-Arcos^{1,2},
Ing. Agr. MSc. Mariana Arias^{1,2},
Ing. Agr. Dra. Carolina Leoni^{1,3}

¹Sistema Vegetal Intensivo

²Área de Mejoramiento Genético y Biotecnología Vegetal

³Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente

Tras más de una década de investigación, el experimento de largo plazo en sistemas hortícolas de INIA Las Brujas confirma que es posible recuperar suelos degradados mediante prácticas alternativas. Los resultados muestran avances en la salud del suelo, aunque persisten desafíos para sostener la productividad en contextos de alta degradación. Frente a este escenario, surge la necesidad de rediseñar el experimento, incorporando nuevas preguntas y estrategias que acompañen los desafíos actuales y futuros de la producción sostenible.

INTRODUCCIÓN

La Plataforma Agroambiental de INIA es un espacio donde interactúan la investigación, la extensión y la formación de recursos humanos en temas vinculados a la producción agropecuaria. Está integrada por una red de experimentos de largo plazo (ELP) sobre los principales sistemas productivos del país, con el objetivo de evaluar los procesos involucrados y los impactos ambientales que se generan (INIA, 2024; [Acceda AQUÍ](#) Leoni, 2024).

El experimento “Recuperación de la salud del suelo en sistemas hortícolas” es uno de los siete experimentos de la Plataforma Agroambiental. Fue instalado en 2012 en INIA Las Brujas, en un sitio altamente degradado, con el objetivo de evaluar tecnologías para mejorar la salud del suelo. El foco fue generar información para comprender mejor los procesos que sostienen la producción hortícola y contribuir al diseño de sistemas más resilientes (Gilsanz *et al.*, 2018). Algunos suelos sobre los que se desarrolla la horticultura nacional



Figura 1 - Manejos evaluados en el ELP de INIA Las Brujas.

están severamente degradados y eso es un gran desafío para sostener la producción hortícola en el largo plazo y asegurar la disponibilidad de alimentos para la población. Para contribuir a resolver esta problemática, la pregunta primaria de investigación se centró en dilucidar si es posible recuperar la salud del suelo y mantener la viabilidad de la producción hortícola mediante un sistema de rotaciones con laboreo reducido, enmiendas orgánicas, abonos verdes y pasturas (Corres *et al.*, 2015). Sobre una rotación de cultivos hortícolas y pradera se estudiaron diferentes manejos de suelo convencionales y alternativos (Figura 1). Doce años después de su instalación, el experimento ha dejado valiosos aportes y aprendizajes que hoy son insumos claves para orientar las estrategias de rediseño.

PRINCIPALES APRENDIZAJES SOBRE LA RECUPERACIÓN DE LA SALUD DEL SUELO

Luego de más de una década de trabajo, varios indicadores demuestran que es posible recuperar la salud del suelo cuando se realizan cambios basados en manejos alternativos. La pregunta que surge a continuación es: ¿a qué tasa se da la recuperación de la salud del suelo? En condiciones de alta degradación, la recuperación es un proceso que implica varios años. El progreso se da de forma gradual y las mejoras logradas dependen en gran medida del punto de partida. Por ejemplo, para las condiciones de este experimento, los manejos alternativos fueron aplicados durante trece años y tuvieron una incidencia positiva en varios indicadores de interés (Cuadro 1).

El experimento evidenció una evolución positiva y gradual en distintos aspectos de la salud del suelo.

La erosión, por ejemplo, es decir la pérdida de suelo por el arrastre del agua, fue cuatro veces menor en el manejo alternativo que en el manejo convencional (Gilsanz *et al.*, 2018), debido en parte al fortalecimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas y por la cobertura del suelo. La compactación disminuyó y la porosidad total aumentó, lo que facilitó, entre otras cosas, que las raíces de las plantas crecieran con mayor

Cuadro 1 - Evolución de parámetros químicos, físicos y biológicos del suelo y de la erosión. Variación respecto a los valores del año 2012 (inicio del experimento) para el manejo convencional y el promedio de los manejos alternativos.

Variación	Manejo convencional	Manejos alternativos
Carbono orgánico	- 48%	- 29%
Porosidad total	- 6%	+ 10%
Índice de respiración	- 64%	+ 57%
Erosión	x 4	x 1

*Carbono orgánico del suelo (parámetro químico indicador de la fertilidad); porosidad total (parámetro físico indicador de la estructura del suelo); índice de respiración (parámetro biológico indicador de la actividad microbiana) y erosión (entre 2012 y 2016).

La pregunta primaria de investigación se centró en dilucidar si es posible recuperar la salud del suelo y mantener la viabilidad de la producción hortícola mediante un sistema de rotaciones con laboreo reducido, enmiendas orgánicas, abonos verdes y pasturas.

facilidad y que las siembras de los cultivos logran mejor porcentaje de implantación (Hernández-Mazzini *et al.*, aceptado). A su vez, la capacidad del suelo para mantener su estructura (estabilidad de agregados) se fortaleció, evitando que sus partículas se desprendan fácilmente ante agentes externos.

Por su parte, los niveles de materia orgánica y nutrientes presentaron tendencias similares (Cerecetto *et al.*, 2021) aunque aún no son suficientes para sostener incrementos, dado que, si bien la pérdida de carbono orgánico del suelo es menor en los manejos alternativos, todavía no alcanza para generar aumentos significativos. No obstante, se detectaron señales de alerta relacionadas al uso de estiércol aviar frecuente con relación al fósforo, pH y su potencial riesgo de contaminación de los cursos de agua (Hernández-Mazzini *et al.*, aceptado).

Los diferentes manejos también afectaron la vida en el suelo. En los alternativos aumentó la abundancia, diversidad, composición y actividad de los microorganismos del suelo (Cerecetto *et al.*, 2021).

Además, se incrementó el carbono activo (fracción de la materia orgánica que sirve como alimento rápido para la microbiota) y el índice de respiración mejoró (actividad microbiana con respecto a un sitio no perturbado).

¿QUÉ SUCEDE A NIVEL PRODUCTIVO?

En relación con la productividad de los cultivos, en suelos degradados los rendimientos están muy por debajo del potencial esperado para la zona, independientemente del manejo (Cuadro 2). En aquellos suelos que reciben fertilización química y laboreo convencional (sin aportes de materia orgánica) ocurre que se enmascara la pérdida de salud del suelo e incrementa la dependencia del sistema a insumos externos, ya que los rendimientos se mantienen, pero la condición del suelo continúa deteriorándose (Hernández-Mazzini *et al.*, aceptado).

Los resultados muestran que las prácticas estudiadas ayudan a construir sistemas hortícolas más sostenibles, ya que mejoran el equilibrio natural del suelo, fortalecen la vida que hay en él y, además, ayudan a cuidar el ambiente. Sin embargo, en situaciones de deterioro como la de este experimento, la productividad de los cultivos no alcanza niveles aceptables, por lo que es necesario considerar estrategias intermedias para la transición en sistemas con alta degradación.

Numerosos indicadores demuestran que la salud del suelo mejoró en respuesta a los manejos alternativos y empeoró con el manejo convencional.

Cuadro 2 - Respuesta del cultivo de calabacín (2023-2024) y repollo (ciclo 2024) para el manejo convencional y el promedio de los manejos alternativos.

CALABACÍN	Manejo convencional	Manejos alternativos	REPOLLO	Manejo convencional	Manejos alternativos
Implantación	28 %	75 %	Diámetro de repollo	55 cm	37,9 cm
Clorofila foliar	36,9 SPAD	24,9 SPAD	Clorofila foliar	53,0 SPAD	45,2 SPAD
Rendimiento	12 t/ha	4,5 t/ha	Rendimiento	27,9 t/ha	7,2 t/ha
Calidad (peso de fruto)	1 kg	0,7 kg	Calidad (peso de repollo)	1,5 kg	0,4 kg

*Implantación (% plantas emergidas), clorofila foliar (SPAD, 30 días post instalación del cultivo), diámetro (longitud del diámetro ecuatorial 30 días post trasplante) y rendimiento (100 días de ciclo).



Figura 2 - Cultivos de calabacín (2023-2024) y repollo (2024).

Por ejemplo, es pertinente revisar el tipo, la dosis y la frecuencia de uso de las enmiendas orgánicas. Además, es clave considerar los tiempos de degradación de los abonos verdes, así como incorporar el uso de mezclas multiespecie a base de la combinación de diferentes familias de plantas. En suelos severamente degradados, podría ser pertinente la combinación de fertilización química y orgánica como alternativa intermedia de transición.

PERSPECTIVAS A FUTURO DEL ELP

Estos experimentos funcionan como “laboratorios vivos”, ya que son espacios donde se puede investigar de manera continua los procesos que ocurren en el suelo bajo diferentes condiciones de producción. De esta forma, confirman la importancia de realizar estudios locales y de larga duración para entender y difundir los conceptos asociados a cómo recuperar la salud del



Figura 3 - Impacto del manejo agrícola en la salud del sistema en el periodo 2012-2025.

Considerar estrategias intermedias para predios en transición con alta degradación inicial es fundamental para que los niveles de producción sean aceptables.

Se requiere actualizar la propuesta e incluir nuevas interrogantes que surgen de los resultados obtenidos y de las nuevas demandas planteadas por el sector.

suelo, así como evaluar nuevas tecnologías y detectar posibles efectos negativos que solo aparecen después de varios años. En este sentido, son una oportunidad de aprendizaje e intercambio para estudiantes, sector productivo, equipos técnicos y de investigación.

Sin embargo, por la propia naturaleza de estas investigaciones, se requiere actualizar e incluir nuevas interrogantes que surgen de los resultados obtenidos y de las nuevas demandas. Por ejemplo: ¿qué prácticas se podrían implementar durante la transición sin perder productividad y sin comprometer la recuperación del suelo?, ¿qué limitaciones técnicas o dificultades tiene el sector productivo para la adopción tecnológica?, ¿qué estrategias de manejo podemos utilizar para reducir o sustituir el uso de insumos químicos en suelos altamente degradados en proceso de restauración?.

Para responder estas preguntas es necesario repensar el experimento desde diferentes visiones. Para ello, se generarán instancias de participación con distintos especialistas, instituciones y productores/as, fomentando el intercambio y la construcción conjunta de las nuevas estrategias.

BIBLIOGRAFÍA

Ceretto, V., Smalla, K., Nesme, J., Garaycochea, S., Fresia, P., Sørensen, S. J., ... & Leoni, C. (2021). Reduced tillage, cover crops and organic amendments affect soil microbiota and improve soil health in Uruguayan vegetable farming systems. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(3), fiab023

Corres, A., Gilsanz, J. C., Silvera, M., Arboleya, J., & Leoni, C. (2015). Abonos verdes, enmiendas orgánicas y mínimo laboreo: Alternativas para mejorar la salud del suelo y potenciar la producción hortícola. *Revista INIA Uruguay*, (42), 31-37. [Acceda AQUÍ](#)

Gilsanz, J. C., Leoni, C., Silvera, M., & Aranda, S. (2018). Sistemas hortícolas: laboreo reducido, abonos verdes y enmiendas orgánicas [Póster]. INIA Las Brujas, Programa Nacional de Producción y Sustentabilidad Ambiental; Programa Nacional de Producción Hortícola.

Hernández-Mazzini, F., Reggion, A., Valle, D., Alvarez, A. L., & Leoni, C. (aceptado). Recuperación de la salud del suelo en sistemas hortícolas uruguayos: un desafío a largo plazo. *Horticultura Argentina*.

INIA (2024). Plataforma Agroambiental de INIA: Un espacio de investigación, formación y comunicación de los procesos e impactos de la producción agropecuaria. Informe especial - *Revista INIA Uruguay*, (78), 33-52. [Acceda AQUÍ](#)

Leoni, C. (2024). INIA's Agro-Environmental Platform: a network of long term experiments. *Agrociencia Uruguay*. 2024; 28: e1608.



Foto: Fabiana Hernández