

Este informe consiste en un breve reporte de métodos, resultados y análisis de las tres principales variables ambientales seleccionadas para el seguimiento de los productores hortícolas participantes del proyecto en el área cercana a la ciudad de Salto. Esto implicó el relevamiento de variables de suelo, agua y biodiversidad.

Carbono en el suelo

La materia orgánica del suelo (MOS) está altamente correlacionada con la fertilidad, dada su influencia sobre las propiedades físicas y la capacidad de retener y suministrar nutrientes. También se considera que su poder buffer reduce las imprecisiones de la fertilización de cultivos y es componente esencial de la resiliencia del sistema, ya que es un importante atributo del suelo para recuperarse luego de una crisis. La clasificación de la MOS según su asociación con el fraccionamiento físico por tamaño entre las partículas del suelo se basa en la asociación encontrada entre la MOS y la fracción mineral. Esta clasificación tiene la ventaja de poder vincular más fácilmente la fracción de la MOS referida con diferentes propiedades físicas y químicas del suelo.

La clasificación de la MOS según el fraccionamiento físico puede ser por tamizado, densitometría o sedimentación. El fraccionamiento por tamizado propuesto por Cambardella y Elliot (1992) es:

Materia Orgánica Particulada (MOP):

- MOP₂₀₀ - asociada a fracción suelo de tamaño mayor a 212 μm .
- MOP₅₀ - asociada a fracción de suelo de tamaño entre 53 y 212 μm .

Materia Orgánica asociada a la fracción mineral del suelo (MOAM):

- MOAM- asociada a fracción de suelo de tamaño menor a 53 μm .

Puede considerarse que cuanto mayor es el tamaño de la MOP mayor será su labilidad (Franzlubbers y Arshad, 1997) o la facilidad de ser químicamente descompuesta por los microorganismos, por lo que esta fracción juega un papel importante en el ciclo de nutrientes del suelo y en el mantenimiento de energía para la actividad microbiana. Cuanto menor es el tamaño de fraccionamiento, hasta llegar a MOAM, la asociación con las fracciones minerales del suelo es mayor y esta fracción de la materia orgánica tendrá una incidencia mayor en la estructura del suelo. No obstante, hay un gradiente entre ambas fracciones y por lo tanto la incidencia de ambas en los diferentes aspectos físicos, químicos y biológicos se solapan y no son tan claramente separables. En los últimos años se ha comenzado a utilizar esta clasificación de la materia orgánica como indicador de cambios en corto plazo debido a diferencias de manejo del suelo. Los resultados no siempre concuerdan, pero en términos generales, se puede asumir que los mayores cambios ocurren en la fracción de MOP, por lo que resulta un indicador más sensible que la medición de la materia orgánica del suelo como único valor. Su valor como indicador, además de por las variaciones que presenta, radica en su vinculación con parámetros físicos vinculados con la estructura del suelo.

El muestreo se realizó en los primeros 6 cm de profundidad, ya que son los más sensibles a los cambios, tanto en pérdidas como en mejoras en el contenido de carbono orgánico.

Cuadro 1. Contenido de C orgánico en suelo en cada predio.

| Contenido en carbono orgánico del suelo en % según fracción y uso del suelo | | | |
|--|--|---|--|
| Etiquetas de fila | Promedio de 212 μm | Promedio de 53 μm | Promedio de < 53 μm |
| Productor 1 | | | |
| Campo Natural | 0,41 \pm 0,22 a | 0,13 \pm 0,13 a | 1,41 \pm 0,59 a |
| Invernáculo | 0,29 \pm 0,28 a | 0,08 \pm 0,01 a | 0,64 \pm 0,04 b |
| Microtúnel | 0,30 \pm 0,23 a | 0,07 \pm 0,07 a | 0,52 \pm 0,27 b |
| Rastrojo | 0,09 \pm 0,03 b | 0,06 \pm 0,01 a | 0,63 \pm 0,11 b |
| Productor 2 | | | |
| Cítricos entre fila | 0,07 \pm 0,03 a | 0,03 \pm 0,01 c | 0,45 \pm 0,09 b |
| Cítricos fila | 0,07 \pm 0,03 a | 0,05 \pm 0,01 b | 0,59 \pm 0,13 b |
| Campo Natural | 0,17 \pm 0,15 a | 0,10 \pm 0,03 a | 1,10 \pm 0,23 a |
| Invernáculo | 0,09 \pm 0,00 a | 0,08 \pm 0,03 ab | 0,66 \pm 0,09 b |
| Productor 3 | | | |
| Campo Natural | 0,17 \pm 0,11 a | 0,07 \pm 0,01 a | 1,65 \pm 0,20 a |
| Invernáculo | 0,08 \pm 0,01 a | 0,07 \pm 0,03 a | 0,43 \pm 0,01 b |
| Microtúnel | 0,10 \pm 0,00 a | 0,02 \pm 0,01 b | 0,46 \pm 0,05 b |

Letras similares en la columna, para cada productor significa que no hay diferencias significativas $p=0,05$.

Resulta claro que el uso del suelo en horticultura intensiva, tanto en cultivos protegidos como a campo, reduce los contenidos de materia orgánica con respecto al campo natural. Esto es manifiesto en la materia orgánica más recalcitrante que es la asociada a la fracción más fina (< 53 μ m). En el caso de la más lábil, que es la de la fracción mayor a 212 μ m, es muy baja en todos los casos dado que son suelos muy livianos y esa fracción está normalmente compuesta por arena con muy baja capacidad de fijación de carbono.

Calidad de agua

La calidad del agua se puede ver afectada por los distintos usos del suelo que se practican debido a la actividad económica que se desarrolla en la región. Se generan efectos tanto en los aspectos abióticos como bióticos de los sistemas acuáticos (Dunne y Leopold, 1978; Lenat, 1984; Carpenter *et al.*, 1998; Jarvie *et al.*, 1998). Los programas de monitoreo de calidad de agua generalmen-

te incluyen la determinación de una gran cantidad de variables físicas y químicas en diferentes sitios y, en función de los valores obtenidos, se realiza una estimación del estado del recurso hídrico (Chapman, 1992). Desde esta perspectiva, la calidad se define por comparación con valores de referencia definidos en función del uso del recurso hídrico (consumo humano, riego, recreación, conservación de la biota acuática, etc.) y establecidos en un marco legal (Teixeira de Mello, 2007).

Para evaluar los casos de estudio se seleccionaron los principales macronutrientes (nitrógeno y fósforo), que se consideran las principales causas de eutrofización de cuerpos de agua.

El fósforo es un elemento natural que puede estar en rocas y materia orgánica, pero también puede provenir del uso de fertilizantes y otros químicos, por lo que puede ser hallado en altas concentraciones en áreas con actividad humana. Esto puede generar el fenómeno de eutrofización (Vega, 2009).

Los contenidos de nitratos son importantes, ya que las fuentes de contaminación se asocian principalmente a actividades agrícolas y ganaderas (fertilización, estiércol), así como también a actividades agroindustriales (Brainwood *et al.*, 2004).

El muestreo se realizó estacionalmente en diferentes cuerpos de agua superficial (tajamares y cañadas) y en aguas subterráneas utilizadas para riego y consumo doméstico. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

En términos generales aparecen dos elementos que llaman la atención, lo que debería implicar precauciones en los sistemas intensivos de los alrededores de Salto.

El primero es la continua aparición de nitratos en las aguas subterráneas en niveles importantes. El alto uso de fertilizantes y concentración de productores producen altos niveles de nitrógeno, lo que sumado a la gran infiltración de los suelos y la baja capacidad de retención de nutrientes hace que los acuíferos, en su mayoría de recarga local, estén recibiendo cantidades importantes de nitratos.

El otro elemento que resalta es la presencia de fósforo en cursos de agua superficiales, con una variabilidad muy alta, dada las características de este elemento que es recirculado luego de lluvias y eso pone de manifiesto su presencia. Los niveles superan los 0,05 µg/L, que es el límite que esta-

blece la legislación nacional, lo que implica un riesgo inminente de eutrofización de dichas fuentes.

Biodiversidad

La biodiversidad es responsable de gran cantidad de procesos ecosistémicos y los cambios en su composición pueden afectar drásticamente el funcionamiento del ecosistema y su capacidad de proveer servicios (Pereira y David Cooper, 2006). La evaluación de estas metas depende en gran medida de los indicadores de biodiversidad que resuman la evolución observada en los ecosistemas (CBD, 2004; Gregory *et al.*, 2005).

Se utilizó la comunidad de aves como indicadora de la biodiversidad presente en los predios, dado que son un grupo de organismos: (i) fácil de detectar ya que muchas especies son diurnas, relativamente conspicuas y/o vocalizan frecuentemente; (ii) es un grupo del que, relativamente, se cuenta con un buen conocimiento general (ej. taxonómico, biológico, poblacional biogeográfico); (iii) presenta diversidad de especies y su biología, incluyendo muchos migrantes que son sensibles a diversos cambios ambientales; (iv) presenta especies que se ubican en todo el rango de niveles tróficos y por lo tanto pueden ser sensibles o causantes de cambios a otros niveles de la red trófica; (v) responden rápido a cambios en la estructura física del ambiente; (vi) generan conexión y

Cuadro 2. Contenidos de fósforo y nitrógeno para aguas superficiales y subterráneas en los distintos establecimientos

| Productor y fuente | P µg/L (media±DS) | N-NO ₃ mg N/L (media±DS) |
|--------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Productor 1 | | |
| pozo | 15,4±26,6 | 7,2±7,5 |
| tajamar | 10,7±18,4 | 2,9±4,9 |
| Productor 2 | | |
| pozo | 0,1±0,1 | 4,5±6,3 |
| tajamar | 22,5±38,9 | 3,2±5,0 |
| Productor 3 | | |
| cañada | 185,8±321,0 | 2,8±4,7 |
| pozo | 0,0 | 7,0±8,8 |

significado para las personas y sus vidas (Gibbons y Gregory, 2006; Butler *et al.*, 2010; Gregory y Strien, 2010).

Su aplicabilidad para monitorear la salud de los ecosistemas se demuestra por la inclusión de un indicador basado en la tendencia poblacional de aves entre los principales indicadores de desarrollo sustentable del gobierno del Reino Unido (Gregory *et al.*, 2003, 2004c; Anon, 2013) y entre los indicadores estructurales y de sustentabilidad de la Unión Europea (Gregory *et al.*, 2005).

Una de las limitaciones de usar las aves como indicadores de la biodiversidad es que son el grupo menos amenazado para su conservación dentro de los vertebrados (Baillie *et al.*, 2004), lo que podría sugerir que son menos sensibles a los cambios antropogénicos que otros grupos dada su alta movilidad. Sin embargo, estudios recientes han demostrado el valor de las especies comunes como indicadores (Butler *et al.*, 2010) y para brindar servicios ecosistémicos (Gaston y Fuller, 2008),

y por lo tanto la importancia de conservar sus niveles poblacionales.

Dada la escala pequeña de dos de los casos de estudio, productores exclusivamente hortícolas, en ellos se optó por estaciones de muestreo en los que se registraban especies y número de individuos durante media hora. En cada establecimiento fueron seleccionados dos sitios que contrastaban: una situación de zona de cultivos protegidos (alta modificación del medio) y una zona de la mayor naturalidad posible. En el caso del productor 3 fue un parche remanente de campo natural con árboles y en el caso del productor 1, una zona de rastrojos y cultivos hortícolas extensivos acompañada de un pastizal en zona baja.

En el caso del productor 2, de mayor tamaño, se realizaron transectas de 900 m en tres tramos de 300 m. Una transecta fue realizada en campo natural y la otra en monte nuevo de citrus. El campo natural tenía síntomas fuertes de degradación de las comunidades naturales. Los resultados se aprecian en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Especies de aves (total y por tipo de sitio) en cada uno de los predios.

| Productor 1 | Productor 2 | Productor 3 |
|-----------------------|-----------------|----------------|
| Total 61 | Total 52 | Total 64 |
| Rastrojos 36 | CN 34 | CN 55 |
| Invernáculos 20 | Citrus 31 | Nylon 21 |

Cuadro 4. Especies prioritarias para la conservación y su presencia en los predios.

| Nombre científico | Nombre común | Predio 1 | Predio 2 | Predio 3 |
|---------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|
| <i>Donacospiza albifrons</i> | Monterita Cabeza Gris | ➤ | | ➤ |
| <i>Geranoaetus melanoleucus</i> | Águila Mora | | ➤ | |
| <i>Nothura maculosa</i> | Perdiz Común | ➤ | ➤ | ➤ |
| <i>Paroaria coronata</i> | Cardenal Copete Rojo | ➤ | ➤ | ➤ |
| <i>Rynchotus rufescens</i> | Martineta | ➤ | ➤ | ➤ |
| <i>Sporophila cinnamomea</i> | Capuchino Corona Gris | ➤ | | |
| <i>Sporophila ruficollis</i> | Capuchino Garganta Café | ➤ | | |

Productor 1

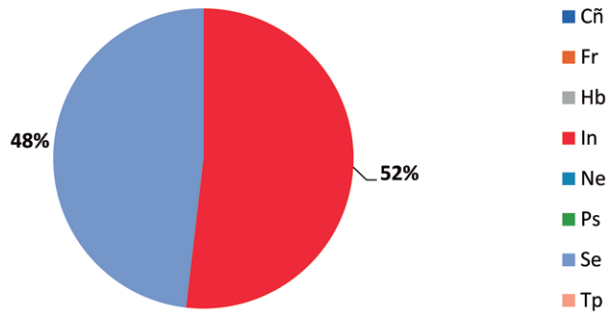


Figura 1. Porcentaje de individuos según gremio alimenticio para el establecimiento 1.

Referencias: Cñ = carroña, Fr = frutos, Hb = herbívoros, In = insectos, Ne = néctar, Ps = peces y otros organismos acuáticos, Se = semillas y TP = pequeños tetrápodos.

Productor 2

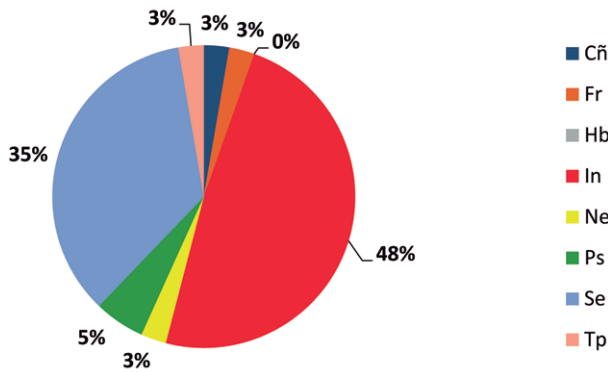


Figura 2. Porcentaje de individuos según gremio alimenticio para el establecimiento 2.

Referencias: Cñ = carroña, Fr = frutos, Hb = herbívoros, In = insectos, Ne = néctar, Ps = peces y otros organismos acuáticos, Se = semillas y TP = pequeños tetrápodos.

Productor 3

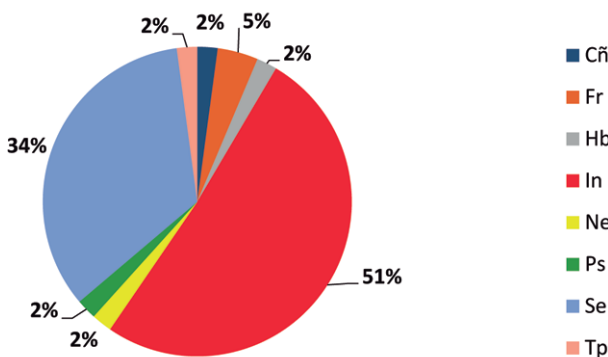


Figura 3. Porcentaje de individuos según gremio alimenticio para el establecimiento 3

Referencias: Cñ = carroña, Fr = frutos, Hb = herbívoros, In = insectos, Ne = néctar, Ps = peces y otros organismos acuáticos, Se = semillas y TP = pequeños tetrápodos.

Para el caso de las aves, es de destacar que en aquellos casos de productores que contaban con alguna fracción importante de campo natural, estaban representados prácticamente todos los gremios, mientras que en el caso en que se evaluaron rastrojos y cultivos protegidos solo dos granívoros e insectívoros estaban presentes. Ambos gremios fueron los dominantes en todos los casos, pero eso es normal en nuestros ecosistemas.

Desde el punto de vista empírico se pudo comprobar la importancia que tiene el mantenimiento de parches de ambientes naturales o semi naturales, con presencia de árboles, arbustos y pastizales nativos para las aves. No sería muy aventurado imaginar que esto ocurre de la misma manera para otros grupos de la biota nativa. Incluso los rastrojos con vegetación espontánea aportan las variantes a la matriz dominante que son esenciales como nichos ecológicos permanentes o transitorios.

Conclusiones

Los sistemas de producción vegetal intensiva que se desarrollan en los alrededores de la capital salteña constituyen una actividad económica y socialmente importan-

te para la región, pero someten los ecosistemas a presiones ambientales altas. Desde el punto de vista del suelo, es claro que el carbono orgánico ha ido decreciendo con la conversión del campo natural a cultivos y por tanto la capacidad natural del mismo para sostener algunos procesos se reduce.

Los ecosistemas acuáticos también están recibiendo esa presión, lo que se confirma por la presencia de altas concentraciones de fósforo en cursos superficiales y nitratos en aguas subterráneas. Esta última variable constituye una doble preocupación, ya que es menos visible, con efectos acumulativos y en el largo plazo afecta los ecosistemas acuáticos superficiales y en algunos casos ha alcanzado niveles de riesgo para la salud. Debe tenerse presente que esta fuente de agua es la utilizada mayoritariamente para el consumo humano y lavado de productos.

En relación con la biodiversidad, se realiza la importancia de la heterogeneidad en el mosaico de uso de suelo y sobre todo el mantenimiento de parches de vegetación natural, inclusive aquellos remanentes de escasa superficie, bordes y otros, contribuye a la misma. También son importantes los rastrojos con vegetación espontánea y el no uso de herbicidas o quemas en esas zonas.