

POLINIZACION DE CULTIVOS

La polinización es el proceso que se desarrolla desde que el polen deja el estambre en el que ha sido generado hasta que llega al pistilo en el que germinará. Se trata, por lo tanto, del paso del polen desde el estambre hasta el estigma, un recorrido que permitirá luego la germinación y la aparición de nuevos frutos y semillas. Es posible que la polinización se lleve a cabo de diferentes formas. En ocasiones, se desarrolla a partir de la participación de un animal que recibe el nombre de polinizador. La polinización también puede concretarse mediante el agua o el viento, que pueden realizar el traslado del polen.



PLANTAS ESTRATEGIAS.

Por más de 300 años, las flores han sido consideradas estructuras que atraen polinizadores y evitan la endogamia entre plantas. Las flores presentan varios atributos, morfos y funcionamiento como color, forma de la corola, tamaño, presencia de néctar, polen, fragancias y aceites, longevidad, horario de apertura y cierre, la época en que florecen, el despliegue floral (ej. Muchas flores juntas, pocas flores por largos períodos de tiempo, etc.), entre otras, que atraen e influyen en el comportamiento de los visitantes florales. La expresión de cada uno de estos componentes florales va a tener un efecto sobre el éxito reproductivo de las plantas – el número de frutos y semillas producidos -, pues afectan cuestiones tales como el número de visitas recibidas, la calidad de la misma, el patrón de forrajeo, y el costo de producir atributos florales para atraer o recompensar a los visitantes. Desde el punto de vista del polinizador, las visitas a las flores están limitadas a encontrar los recursos (que pueden ser aceites, néctar, polen, fragancias) que maximicen la función costo/beneficio en términos de recursos para el visitante. La producción de atributos florales atractivos para los polinizadores puede ser costosa en términos energéticos, por lo que cada atributo debe de ser optimizado. Estos costos no solo son en términos energéticos, sino también en términos de recursos utilizados, como el agua y los nutrientes necesarios para mantener las flores.

La polinización es un ejemplo de mutualismo. El mutualismo es una interacción positiva donde ambas especies intervenientes obtienen beneficios. La polinización es crítica para el mantenimiento de la biodiversidad terrestre, ya que muchas especies de plantas con flor dependen de visitantes florales para la transferencia de polen y la producción de semillas. En tanto que muchas especies de insectos y animales vertebrados obtienen alimento y otros recursos de las flores. Si bien en general la polinización implica beneficios para ambas partes, también involucra costos para las especies que interactúan. Debido a la existencia de costos y beneficios, la interacción sería positiva si los beneficios superaran los costos para ambos participantes. En este caso, diríamos que la interacción es mutualista. En caso contrario, si los costos fuesen mayores que los beneficios, ya no se podría hablar más de la polinización como interacción mutualista, sino que estaríamos frente a un antagonismo.

En el caso del Pomelo (*Citrus paradisi*), el número promedio de granos de polen en el estigma incrementa pero se satura o decrece suavemente con el aumento en el número de visitas de *Apis mellifera*. En cuanto al Atamisque (*Capparis atamisquea*), la probabilidad de formar fruto es nula con 0-1 visitas, máxima con 8 visitas y decrece a cero a partir de 10 visitas (FIGURA.1) (Morris et al. 2010).

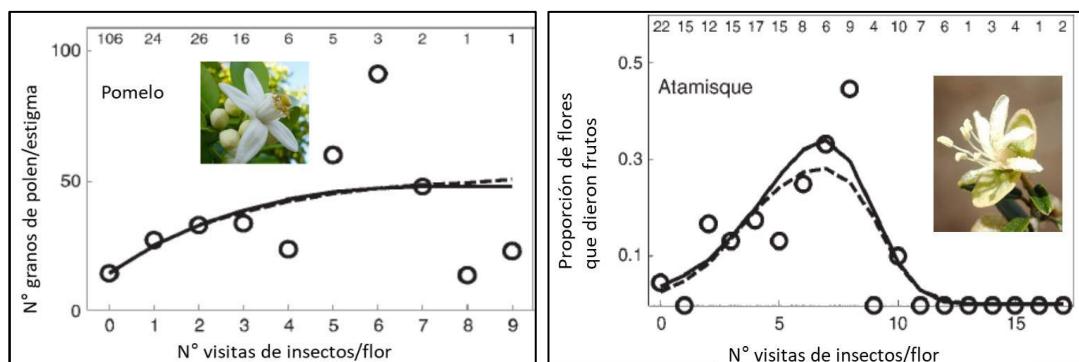


FIGURA.1. Curvas de beneficio neto para el éxito reproductivo femenino de dos plantas en mutualismos de polinización típicos. Los círculos representan los datos. Los números en la parte superior de cada panel indican el número de flores que recibieron cada número de visitas de insectos. Las curvas representan las predicciones de todos los modelos.

FACILITACIÓN Y COMPETENCIA ENTRE PLANTAS

Las interacciones entre plantas resultan intrigantes ya que juntas las plantas pueden mantener, atraer y compartir polinizadores, y esto puede hacer que interactúen negativa o positivamente. Se utiliza el término **facilitación** para connotar a las interacciones positivas entre plantas, mientras que para las negativas se usa la palabra **competencia**. La competencia de las plantas por la visita de polinizadores que comparten puede ocurrir cuando una especie atrae hacia ella

polinizadores, alejándolos de otra planta (por ser más atractiva por ejemplo u ofrecer mayor recompensa), o bien cuando dos plantas por compartirlos, reducen la cantidad de polinizadores que podrían tener individualmente. Por otro lado, la facilitación ocurre cuando la presencia de una especie de planta incrementa la cantidad de visitas que recibe otra especie que se encuentra cerca. Se define como “**planta insectario**” a la que con su presencia y por ser llamativa para un polinizador permite que una planta poco atractiva reciba visitas por estar próxima a ella. Esto estaría relacionado con un efecto denso-dependiente del vecindario floral en las tasas de visita; mientras más plantas con flor haya en un parche, más atractivo le resultará al polinizador y más visitas hará a las flores presentes en ese parche. De manera aplicada, esto se aprovecha en los agroecosistemas donde la presencia de bordes con flora espontánea tiene un efecto facilitador con el cultivo, ya que promueve el mantenimiento y la diversidad de abejas que se ven atraídas por la diversidad de oferta floral. Para evitar interacciones negativas, las plantas pueden tomar diferentes estrategias. Así, por ejemplo, si dos especies de plantas que coexisten en el mismo espacio (simpátricas) comparten polinizadores, una posible barrera para prevenir disminuciones en la tasa de visitas podría ser una separación en el tiempo de su floración, permitiendo que las diferentes especies de polinizadores se dividan en el tiempo según su momento de forrajeo. Del mismo modo, la barrera para prevenir la auto-polinización y la hibridación entre especies del mismo género podría ser una divergencia en el tiempo de floración o bien, diferencias en cuanto a su morfología floral y fragancias para atraer a diferentes polinizadores (por ejemplo, lo que sucede entre *Stelis hymenantha* y *S. immersa*, dos orquídeas que crecen simpátricamente en un bosque y que una divergencia morfológica floral y una emisión de fragancias diferente hacen que no compartan los polinizadores, previniendo la hibridación). Cuando estas barreas no existen, y las plantas simpátricas florecen simultáneamente, lo que ocurre es que se produce una competencia por los polinizadores. Así, las plantas con flores más atractivas en cuanto a tamaño, color, perfume o recompensa, recibirán más polinizadores que las que sean menos llamativas, disminuyendo el éxito reproductivo de estas últimas. Al pensar esta interacción competitiva en un ambiente agrícola, podría resultar un problema si la especie cultivada fuera significativamente menos atractiva que la flora espontánea circundante. Inconvenientes de este tipo suceden muchas veces en cultivos de cebolla para semilla, donde la flor de cebolla resulta menos atractiva para la abeja que las plantas nativas del monte (ej. Chañar). En este caso, la solución es aumentar la densidad de colonias (e individuos) de *A. mellifera* presente en el cultivo (mediante la colocación de muchas colmenas) para asegurar un porcentaje óptimo de visitas. Otra técnica que utilizan los semilleros y apicultores al brindar servicios de polinización es entrenar la memoria de las abejas para que se dirijan a la planta de interés. En este sentido, se realiza un manejo de aprendizaje donde se entrena a las nuevas abejas con un alimento basado

en jarabe y polen de la planta destino. Las abejas, al realizar la trofalaxia e intercambiar alimentos, transfieren el aroma del néctar y el polen de la especie de interés en polinizar, que puede estar a muchos kilómetros de distancia (donde van a ser trasladadas o ya se encuentran las colmenas próximas a la floración) y asocian la planta destino con la alimentación que recibieron y salen en busca de este recurso floral que les aportó una recompensa en el pasado (jarabe) aumentando de esta forma con el manejo la fidelidad por el recurso floral.

LAS ABEJAS, LA POLINIZACIÓN DE LOS CULTIVOS Y LA SALUD AMBIENTAL

Las abejas en el sentido más amplio evolucionaron a partir de avispas, gracias al desarrollo de estructuras que le permitieron obtener las proteínas de las flores. De ese modo pudieron abandonar el comportamiento de insectos parásitos característico de sus ancestros e iniciar la coevolución con las angiospermas (plantas con flor) en uno de los fenómenos más trascendentales de la historia evolutiva de los últimos 100.000.000 de años, que las dotó de una extraordinaria adaptación y explica el éxito de estos insectos en ese período. Efectivamente de acuerdo con Michener se estima la existencia de alrededor de 20.300 especies de abejas en la actualidad.



Existen abejas solitarias, muchas ampliamente utilizadas en el mundo para la polinización de algunos cultivos (como es el caso del Megachile) y sociales entre las que se destacan (además de nuestras abejas melíferas) los abejorros del género Bombus y los melipónidos, las abejas sin aguijón. Pero no solo las abejas conocidas por su producción directa o como polinizadoras de cultivos con importancia económica son útiles a la humanidad, dado que todas ellas tienen un rol fundamental en la preservación de la biodiversidad.

Evidentemente el maravilloso proceso de evolución conjunta entre las abejas y las plantas con flor también significaron una extraordinaria ventaja adaptativa para estas últimas, que dejaron de liberar el polen al aire de manera ineficiente como lo hacen sus antecesores, las coníferas, al disponer de un vector altamente especializado para el proceso de la polinización.

Sin lugar a dudas las más conocidas y utilizadas, que además de prestar un reconocido aporte económico mediante la polinización se transforman progresivamente en valiosas herramientas de desarrollo ambiental son las “modernas” abejas melíferas. La disminución de la población de polinizadores adquiere particular relevancia, si se tiene en cuenta que un tercio del suministro de alimento es dependiente de la polinización por animales, particularmente abejas, que además juegan un rol fundamental en la sustentabilidad ambiental. El rol de las abejas en la polinización de cultivos ha sido reconocido en el mundo desde tiempos remotos, mencionado por los griegos, destacado por Charles Darwin y enunciado por Albert Einstein entre otros.

"Irónicamente, a pesar de su aparente falta de atractivo, el declive de los polinizadores es una forma de cambio global que en realidad tiene un potencial creíble para alterar la forma y la estructura del mundo terrestre". (National Academy of Sciences 2007, pg. 10).

LAS ABEJAS EN LA POLINIZACIÓN DE CULTIVOS

Respecto de la polinización de cultivos, en Argentina se ha sostenido que con el aumento de los niveles de autogamia de los principales cultivos se reduce la importancia de las abejas como polinizadoras, lo que no se condice con las cifras de evolución del costo de las colmenas para polinización en EEUU (CUADRO.1) o la importancia del servicio en Chile, donde el valor del servicio de polinización implica un 50% de la producción directa.

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Dólares	29,6	31,55	31,05	29,65	32,25	32,85	33,65	36,40	36,45	38,65	51,30	73,85

CUADRO.1. Evolución del valor promedio del servicio de polinización por colmena en USA (Noroeste Pacífico)

Los beneficios de la polinización realizada por insectos deben ser medidos desde dos puntos de vista, que se relacionan entre sí: el económico y el ambiental.

Beneficios económicos de la polinización. En general, los cultivos que proveen el mayor peso alimenticio o calorías a la humanidad no dependen de la polinización realizada por insectos u otros organismos. Entre estos cultivos se pueden destacar trigo, arroz, maíz, sorgo, etc., que son auto fértiles o dependen del viento para fecundarse (polinización anemófila). Por el contrario, numerosas especies de vegetales y frutales, que proveen nutrientes esenciales, dependen fuertemente de la polinización realizada por los insectos. Entre estos cultivos se pueden encontrar los cítricos, las crucíferas, tomate, pimiento, melones, girasol y almendro. Una

declinación de los insectos polinizadores impacta directamente en la producción de muchos de estos cultivos, como está comprobado en girasol y almendro, donde se cuantificaron fuertes pérdidas causadas por su ausencia. Una buena polinización agrega otros beneficios como uniformidad y alta calidad de los cultivos. Por último, la producción comercial de semillas, en especial de híbridos, depende fuertemente de la presencia de polinizadores para la obtención segura de altos rendimientos y buena calidad del material.

Beneficios ambientales de la polinización. Las especies vegetales son unas de las bases para el desarrollo de la vida sobre nuestro planeta al transformar la energía solar en material que deriva en múltiples usos como alimento, drogas, fibras, etc. La polinización es fundamental en este sentido, ya que asegura la continuidad de las distintas especies vegetales, manteniendo así su presencia en el tiempo y asegurando la estabilidad en los diferentes ambientes, ya sean cultivados o naturales.

TOXICIDAD DE PLAGUICIDAS PARA LAS ABEJAS

Tomar en cuenta el momento de decidir la aplicación de un insecticida en un cultivo, con el objetivo final de reducir el daño de la plaga afectando en el menor grado posible al medio ambiente. En la agricultura moderna los agroquímicos resultan necesarios para el control de plagas y enfermedades de los cultivos, son productos químicos ajenos al medio ambiente y que mal empleados por algunos, en exceso y en épocas inapropiadas, causan mortandad en las abejas y otros insectos beneficiosos tan necesarios para la polinización de nuestros cultivos. Por lo tanto apicultores y agricultores deben tener noción de una serie de normas en cuanto a la utilización de los productos para minimizar los problemas ocasionados a estos insectos útiles, con el fin de actuar en la prevención de pérdidas y prejuicios económicos evitables con algunas prácticas de manejo relacionadas al tipo de pesticida empleado.

Debemos ser conscientes de que cuando vamos a aplicar un agroquímico sobre un cultivo en floración ello representa un grave peligro para los insectos polinizadores y que la desaparición de los mismos va a acarrear mayores pérdidas en la producción de nuestros cultivos que las que intentábamos prevenir.

En general es necesario recordar, tanto a los apicultores como a los productores agrícolas, la importancia de la lectura del marbete o etiqueta del producto a utilizar, para evitar consecuencias graves. En ella se incluye el nivel de peligrosidad para las abejas.

Circunstancias a tener en cuenta a la hora de aplicar un agroquímico

Cuando vamos a aplicar un fitosanitario deberíamos tener en consideración los siguientes puntos, que desde el punto de vista apícola son importantes.

Elemento a tratar:

Suelo: Este tipo aplicación no suele ocasionar problemas ya que el suelo a tratar suele estar sin cultivo y por no tener cubierta vegetal no es visitado por las abejas.

Follaje: La mayoría de los cultivos producen sustancias de interés para las abejas. El momento más especial es el de la floración. Sin embargo, debemos tener en cuenta también que algunas especies vegetales pueden producir substancias azucaradas fuera de las flores y hay que prestar atención tanto a las malezas que crecen en el cultivo como a la vegetación que rodea al mismo, a la hora de tratar.

Semillas: En los últimos años está proliferando la aparición de semillas tratadas en origen y que, dependiendo del tipo de agroquímico empleado, pueden representar un grave problema para las abejas por su toxicidad y permanencia o residualidad.

Deriva y presencia de aguas encharcadas:

A la hora de realizar el tratamiento debemos ser conscientes de que muchos de los productos o son muy volátiles o se aplican en espolvoreo y que por tanto pueden ser arrastrados por el viento hasta campos que son visitados por las abejas. También deberemos ser prudentes para evitar contaminar aguas de estanques, charcos, bebederos o canales de riego que son visitadas por las abejas para hacer acopio de agua.

Producto a aplicar:

La mayoría de los productos, bien utilizados, no provocarían daños en los apiarios si los agricultores y los apicultores respetaran un mínimo de precauciones elementales. Sin embargo en muchas ocasiones, por desconocimiento o comodidad, esto no se hace, y los daños occasionados pueden ser irremediables.

Por ello a la hora de elegir el agroquímico tendremos en cuenta tres características:

Actividad frente al problema que queremos combatir: el producto empleado debe ser eficaz y debe estar permitido en el cultivo a tratar.

Toxicidad apícola: es la capacidad que el principio activo tiene para matar abejas y que viene determinada por varios factores, como la vía de entrada en la abeja (ingestión, contacto o inhalación), efecto residual (tiempo durante el cual el fármaco mantiene su actividad), momento de aplicación, etc. (En la etiqueta de los productos químicos se informa sobre el grado de toxicidad).

Peligrosidad apícola: nos mide el riesgo, que puede aumentar o disminuir en función de la forma de acción del principio activo, la forma de presentación del producto, del tipo de aplicación que elijamos, y también del momento en que la realicemos.

Forma de aplicación:

Los tratamientos aéreos: son los de **mayor peligrosidad**, y en especial los que se realizan a la salida del sol, porque, por poco que dure el efecto residual, alcanzará a un gran número de pecoreadoras. El área tratada suele ser muy amplia y el control del producto aplicado es prácticamente nulo, ya que no podemos prever ni controlar ligeros cambios meteorológicos que provocarán importantes derivas.

Los tratamientos terrestres: en ellos es más importante la forma de aplicación del producto que la extensión a tratar, espolvoreos, pulverizaciones y el empleo de microgránulos siendo los **más peligrosos** (las abejas pueden confundirlos con bolitas de polen).

Actividad de las abejas

Es de gran importancia la época del año y hora del día en que se realiza el tratamiento. Dentro del año, la mayor actividad de las abejas se produce desde tres meses antes de temporada reproductiva hasta tres meses después (desde junio/ septiembre dependiendo de la zona del país hasta principios de febrero o finales de marzo, cuando las abejas se preparan para la invernada). Los horarios de mayor actividad de las abejas van desde la salida del sol hasta unas 6-8 horas después del mediodía, dependiendo del mes en que nos encontramos, por lo que los tratamientos deberían aplicarse preferentemente a partir de las 7 de la tarde, cuando las abejas no están pecoreando.

Plantas que pueden presentar problemas:

Pondremos especial atención en los tratamientos a los siguientes cultivos en floración:

Leguminosas: trébol, alfalfa. **Cucurbitáceas:** calabaza, pepino, melón, sandía. **Hortalizas para semilla:** cebolla, zanahoria, espárrago. **Soja.** **Sorgo y maíz,** especialmente maíz dulce cuando desprende polen. **Arboles frutales.** Malezas: **diente de león, achicoria.** En campos de cereales: **colza, nabo y otras.** Flores para semilla y flores decorativas.

CLASIFICACIÓN EN CUANTO A LA TOXICIDAD PARA LAS ABEJAS

La clasificación de los fitosanitarios teniendo en cuenta su toxicidad se basa en la dosis letal 50 (DL50, abreviatura de Dosis Letal 50 %, dosis letal para el 50 % de la población) a la dosis de una sustancia o radiación que resulta mortal para la mitad de un conjunto de animales de experimentación. Los valores de la DL50 son usados con frecuencia como un indicador general

de la toxicidad aguda de una sustancia. Generalmente se expresa en miligramo (mg) de sustancia tóxica por kilogramo (kg) de masa del animal, y lo más común es que el dato sea acompañado del animal en el que se probó (ratas, conejos, etc.). De esta forma, puede extrapolarse a los seres humanos. En el caso de las abejas, la toxicidad o dosis letal (DL) se expresa en microgramos (μg) por abeja.

Tenemos productos:

Prácticamente inocuos A: pueden ser aplicados durante todo el día en período de floración. ($>100 \mu\text{g}/\text{abeja}$). Se trata de agroquímicos afectan poco a las abejas. Se recomienda a los apicultores que ofrecen servicio de polinización que aconsejen su uso a los productores frutícolas, hortícolas o productores de semillas (clientes) como asimismo inducir su incorporación a la lista de productos que usan comúnmente, con el objeto de no perturbar los servicios de polinización ofrecidos por las abejas y otros insectos beneficiosos

Moderadamente tóxicos B: se aplicarán por la tarde, cuando las abejas no visiten el cultivo. ($11-100 \mu\text{g}/\text{abeja}$). Levemente tóxicos si se pulverizan con temperaturas menores a 7°C . Si la temperatura ambiente es superior a 15.5°C , el principio activo recupera su nivel de toxicidad para las abejas, por lo que se recomienda no pulverizar en dichas condiciones

Tóxicos C: no se aplicarán en época de floración. ($2-10,99 \mu\text{g}/\text{abeja}$).

Muy tóxicos D: mejor evitar su uso. ($< 2,0 \mu\text{g}/\text{abeja}$).

IMPORTANTE:

Tóxicos C y Muy tóxicos D. Son productos altamente peligrosos para las abejas por el nivel de toxicidad que poseen y su gran poder de voldeo. Se recomienda mover las colmenas a una distancia mínima de **3.000m del lugar donde se pulverice** con alguno de estos productos. Para volver a colocar el apiario en el lugar original, se aconseja dejar transcurrir **no menos de diez días desde la fecha de la pulverización**. Esta información es de suma importancia para aquellos apicultores que ofrecen el servicio de polinización.

Recomendaciones a los apicultores:

- Elegir el sitio más seguro. Antes de asentar un apiario es aconsejable informarse de los cultivos que hay en los alrededores y los tratamientos habituales en ellos.
- Darse a conocer a los agricultores e identificar el apiario con carteles visibles a cierta distancia, anotando los datos suficientes para poder ser rápidamente localizados.
- Disponer de colmenas en las que puedan encerrarse a las abejas de una forma sencilla y que sean fáciles de trasladar.

- Conocer los productos fitosanitarios más comunes en el tratamiento de los cultivos cercanos a su apiario.
- Las abejas utilizadas para la polinización de frutales deben estar lejos de los campos hasta que se haya realizado el tratamiento de prefloración y en los árboles hayan aparecido entre el 10 y el 20% de las flores. Las colmenas serán retiradas antes de la aplicación de los tratamientos a la caída de los pétalos.
- En casos de urgencia, las abejas pueden ser confinadas en sus colmenas durante cortos periodos de tiempo (no pasar del mediodía con la piquera cerrada para evitar sofocación o derretimiento).

POLINIZACIÓN ASISTIDA

Utilización del dispensador de polen

Una de las alternativas de manejo que pueden incrementar el transporte de polen compatible por parte del agente polinizador es la "polinización controlada", utilizando un dispensador de polen. Esta técnica consiste en forzar las abejas a atravesar una entrada modificada de la colmena, el dispensador, que dispersa el polen adherido a sus cuerpos.

Utilización de atrayentes

Otra técnica que se ha utilizado para tratar de incrementar la actividad de las abejas sobre el cultivo a polinizar es la aplicación de atrayentes en base a sustancias azucaradas o con hormonas.

Cepillos de piquera

Trabajos realizados en la Universidad de Gales (Free et al., 1992), demostraron que la colocación de cepillos de cerda en la piquera mejoró la transferencia de polen abeja-abeja lo que puede resultar muy interesante en plantas dioicas.

Bibliografía

- Bedascarrasbure, E; Bailez, O; Palacio, M.A; Ruffinengo, S; Cuenca Estrada, G. Guía de Apicultura. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP. Pag. 293. 1984- 2000.
- ASAPROVE - Asociación Argentina de Protección Vegetal y Ambiental – Agroquímicos. Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.
- Bedascarrasbure, E y Vidal, M. 2004.- Nutrición proteica de *Apis mellifera*. Anales de la Expomaciá.
- Bedascarrasbure E. 2008.- Hablemos de las Abejas (I). Gaceta del Apiario
- Basualdo, M; E. Bedascarrasbure y D. de Jong. 2000.- Africanized Honey bees have a greater fidelity to sunflowers than do European bees. Journal of Economic Entomology 93:304-307.
- Basualdo y Bedascarrasbure. 2004.- Rol de las abejas en la polinización de cultivos. IDIA

Michener, C. 1974.- The social behavior of the bees: a comparative study. Harvard University Press. Revista Navarra Agraria, marzo-abril 2005, pags. 9 a 13;

Autores :

Dra. Marina Basualdo
Dr. Gerardo Gennari
Dra. María Alejandra Palacio
Dr. Sergio Ruffinengo
Ing Agrº. Cristina García
Lic Alim. María Soledad Varela
Tec. Analía Noelia Martínez

